



**UNIVERSIDAD DE LAS REGIONES AUTÓNOMAS DE
LA COSTA CARIBE NICARAGÜENSE**

URACCAN

Monografía

**COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE DOS VARIEDADES
MEJORADAS DE FRÍJOL (*Phaseolus vulgaris* L.), BAJO DOS MÉTODOS
DE SIEMBRA, COMUNIDAD MOSS PAM, WASPAM, RAAN,
NICARAGUA**

Para optar al título en Ingeniería Agroforestal

Autores:

Keith Sankara Narvaez Ismael

Roberto Hector Marchena Williams

Tutor:

MSc. William J Watler Reyes

Asesor:

MA. Enrique Cordon Suárez

Kamla, Puerto Cabezas, RAAN, Nicaragua, 2010

Al portador de la sabiduría, al ser que me dio la vida espiritual, salud y que estuvo conmigo durante todo el proceso formativo ético, moral y profesional: Dios padre todo poderoso.

A mi adorada Madre Petrona Williams Smith artífice e impulsadora de mi vida, quien me dio amor, salud, consejos, cariño y su apoyo incondicional, que sin duda contribuyó en mí, a una mejor persona profesional y con mucho esmerito de superación.

A mis queridos y recordados familiares que con mucho amor demostraron su apoyo incondicional en la formación de mi vida profesional y el sentido de salir adelante, enfrentándome retos de la vida.

A mi compañera de vida Darmaly López Paz, por estar unido en los momentos más difíciles de mi vida.

Roberto Héctor Marchena Williams

Con sinceridad y humildad, a Dios todo poderoso por su bondad, sabiduría y fuerza que me ha dado y me ha guiado e iluminado por el camino correcto para poder finalizar el presente trabajo de investigación.

A mi querida y adorable madre Sheria Ismael por darme la vida, amor, consejos y su apoyo incondicional, inspiración de mi vida, tanto humana como profesional.

A mi compañera de Alma Rugama Espinoza y, a mi hijo Keith Narváez Jr. Igualmente, a mi hermana Sheria Escobar Ismael por sus comprensiones y apoyos, en el reto de hacer todo lo mejor en todo momento de mi vida.

Keith Sankara Narvaez Ismael

AGRADECIMIENTOS

Anuestro Asesor durante la investigación de campo MA. Enrique Cordón Suarez, por sus ejemplos y sabios consejos de la vida profesional; que forjó en nosotros valores no solo en el ámbito técnico-científico, sino también, en el aspecto humano. Sin duda contribuyó en luz y guía a nuestras vidas profesionales.

A nuestro Tutor MSc. William J Walter Reyes, por sus exhaustivas correcciones y apoyo incondicional, que significativamente mejoraron la presente investigación.

A mis Compañeros de estudio y amistades del recinto universitario URACCAN, quienes a través de varias generaciones, y con consejos y sugerencias cotidianas, coadyuvaron a forjar en nosotros una corriente metodología profesional reflejada en el contenido mismo del trabajo investigativo.

A los Docentes del URACCAN por su abnegación y perseverancias en sus labores. Con ellos compartimos alegrías, éxitos y fracasos; y de seguro de que este texto está inspirado en sus luchas cotidianas.

Al técnico y trabajadores de la finca académica “Snaki”, ubicada en la comunidad de Moss Pam, quienes durante el tiempo de la investigación nos brindaron siempre su apoyo en la ejecución del experimento de campo.

R. Marchena y K. Narvaez

ÍNDICE DE CONTENIDO	Pág.
AGRADECIMIENTOS	III
RESUMEN	VI
SUMMARY	VII
ÍNDICE DE CUADROS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS, GRÁFICOS Y MAPAS.....	IX
LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS	XI
1 INTRODUCCIÓN.....	1
2 OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos	3
2.3 Hipótesis.....	3
3 MARCO TEORICO.....	4
3.1 Comunidad Moss Pam.....	4
3.1.1 Reseña histórica.....	4
3.1.2 Características biofísicas de la comunidad y finca “Snaki”	4
3.2 Diseño de bloques completamente al azar (DBCA).....	6
3.2.1 Modelo de DBCA.....	7
3.2.2 Análisis de varianza para el modelo DBCA	8
3.2.3 Estimación de los parámetros para un modelo DBCA.....	9
3.3 Cultivo de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	10
3.3.1 Taxonomía	10
3.3.2 Morfología	11
3.3.2.1 Raíz	11
3.3.2.2 Tallo	11
3.3.2.3 Habito de crecimiento.....	12
3.3.2.4 Ramas y complejos axilares.....	14
3.3.2.5 Hojas	14
3.3.2.6 Inflorescencia	14
3.3.2.7 Flor	15
3.3.2.8 Fruto	16
3.3.2.9 Semillas	16
3.3.3 Factores edafoclimáticos	18
3.3.3.1 Temperatura	18
3.3.3.2 Luz solar	18
3.3.3.3 Agua	18
3.3.3.4 Suelo	19
3.3.4 Características de las variables en estudio	19
3.3.4.1 DOR-364 y H-46.....	19

3.3.5 Método de siembra del cultivo de frijol en la RAAN.....	20
3.3.5.1 Siembra al espeque.....	20
3.3.5.2 Siembra al voleo.....	21
3.3.6 Plagas y enfermedades	21
3.3.6.1 Control y manejo de plagas.....	21
4 MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
4.1 Descripción del área de estudio	25
4.1.1 El suelo.....	26
4.1.2 El clima.....	26
4.2 Metodología del estudio	27
4.3 Tipo de estudio	27
4.4 Universo y muestra.....	28
4.4.1 Unidades muestrales.....	28
4.5 Diseño experimental	30
4.6 Variables a evaluar.....	30
4.7 Análisis estadístico.....	32
4.8 Manejo agronómico	32
5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
5.1 Caracterización del método de siembra tradicional (al voleo y al espeque).....	33
5.1.1 Descripción de las labores agrícolas durante el montaje de la parcela experimental.....	33
5.1.2 Labores del método al voleo y al espeque	35
5.2 Análisis de las características morfométrica en las diferentes etapas del cultivo (vegetativa y reproductiva).....	36
5.2.1 Etapa vegetativa (germinación, emergencia y crecimiento)	36
5.2.2 Etapa reproductiva	42
5.3 Evaluación del rendimiento de las variables mejoradas DOR-364 y H-46, bajo diseño experimental DBCA.....	48
5.3.1 Análisis de ANAVA de la variable rendimiento, según el DBCA	48
6 CONCLUSIONES.....	57
7 RECOMENDACIONES	59
8 BIBLIOGRAFÍA	60
ANEXOS.....	62

RESUMEN

El estudio se realizó en la finca académica “Snaky” en posesión de la universidad URACCAN, ubicada en la comunidad Moss Pam, municipio de Waspam, Río Coco, RAAN, Nicaragua; la cual tiene como propósito evaluar el comportamiento agronómico de dos variedades mejoradas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) DOR-364 y H-46, bajo dos métodos de siembra tradicional (al voleo y al espeque) en época de apante (15, enero al 15, marzo del 2010) y bajo condiciones de bosque tropical húmedo.

El Análisis correspondió al diseño de bloques completamente al azar (DBCA), en una superficie de 428.75 m², con 12 unidades muestrales, 3 repeticiones y 4 tratamientos [A (A1B1), B (A1B2), C (A2B1) y D (A2B2)]. La variable principal bajo estudio fue el rendimiento (g/P.U) indagada bajo el análisis de ANAVA; asimismo se evaluaron variables propias de la etapa vegetativa como: germinación (V0 y V1), emergencia (V2) y reproducción (V3 y V4) y, variables de la etapa reproductiva: No. flores/plantas (R5 y R6), No. vainas/plantas (R7), long. Vainas/plantas (R8) y No. granos/vainas/plantas (R9), estudiadas a través de la descripción morfométrica y prueba del estadístico no paramétrico Kruskal Wallis. Para el procesamiento estadístico se utilizó el programa InfoStat, versión estudiante 2010.

Los resultados mostraron una alta viabilidad germinativa (94 y 98%), con diferencias estadísticas entre tratamientos en las variables altura y diámetro, sobresaliendo el tratamiento D (A2B2), con un promedio de 240.20 en altura y los tratamientos A (A1B1) y B (A1B2), con 207.66 y 178.08 en la variable diamétrica, esto, referido a la etapa vegetativa. En la etapa reproductiva las variables No. vainas/plantas y No. granos/vainas/plantas fueron las que presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos, contrario a las variables No. flores/plantas y long. Vainas/plantas que no mostraron diferencias. En la variable No. vainas/plantas sobresalen los tratamientos A (A1B1), C (A2B1) y D (A2B2) con promedios de 296.07, 304.97 y 307.53, y en la variable No. granos/vainas/plantas los tratamientos A (A1B1) y D (A2B2) con 70 y 70.62. Finalmente, el análisis del ANAVA, con una confiabilidad del 95% encontró que las medias de la variable rendimiento entre tratamientos difieren estadísticamente ($p=0.0001$), recomendando los tratamientos D (A2B2) y A (A1B1), es decir, la variedad H-46 sembrada al voleo y la variedad DOR-364 sembrada al espeque, con rendimientos de 77.63 y 71.33.

SUMMARY

The study was conducted in academic farm "Snaky" in possession of URACCAN University, located in the community Pam Moss, Waspam municipality, Río Coco, RAAN, Nicaragua, which is to evaluate the agronomic performance of two improved varieties of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) DOR-364 and H-46, under two traditional seeding methods (broadcast and handspike) in apante season (15 January to 15 March 2010) and under conditions of tropical rainforest.

The analysis corresponded to the design of randomized complete block (RCBD) in an area of 428.75 m², with 12 sampling units, 3 replications and 4 treatments [A (A1B1), B (A1B2), C (A2B1) and D (A2B2)]. The main variable under study was the yield (g / PU) to investigate under the ANOVA analysis, also were assessed variables of the vegetative stage as germination (V0 and V1), emergency (V2) and reproduction (V3 and V4) and variables, reproductive stage: No. flowers / plants (R5 and R6), No. pods / plant (R7), long. pods / plant (R8) and No. grains / pods / plant (R9), studied by morphometric description and nonparametric statistical test of Kruskal Wallis. For the statistical processing software was used InfoStat, student version 2010.

The results showed high germination viability (94 and 98%), with statistical differences between treatments in the variables height and diameter, protruding treatment D (A2B2), with a 240.20 average in height and treatments A (A1B1) and B (A1B2), with 207.66 and 178.08 in the variable diameter that, based on the vegetative stage. In the reproductive stage variables No. pods / plant and No. grains / pods / plants were those that showed statistical differences between treatments, contrary to the variables No. flowers / plants and long. pods per plant showed no difference. In the variable No. pods / plant stand treatments A (A1B1), C (A2B1) and D (A2B2) with averages of 296.07, 304.97 and 307.53, and the variable No. grains / pods / plant treatments A (A1B1) and D (A2B2) with 70 and 70.62. Finally, the ANOVA analysis, with a reliability of 95% found the means of the variable yield between treatments statistically different ($p = 0.0001$), recommending treatments D (A2B2) and A (A1B1), ie, the variety H -46 sown broadcast and DOR-364 variety sown at planting stick, with yields of 77.63 and 71.33.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Componentes abióticos de la comunidad Moss Pam	5
Cuadro 2. Componentes bióticos de la comunidad Moss Pam	6
Cuadro 3. Análisis de la varianza para el modelo de un DBCA	8
Cuadro 4. Taxonomía del cultivo de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	10
Cuadro 5. Características agronómicas de la variedad DOR-364.....	19
Cuadro 6. Características agronómicas de la variedad H-46	20
Cuadro 7. Diferentes estados de ataque de plagas en el desarrollo de plagas	22
Cuadro 8. Prueba de Kruskal Wallis para la variable altura (cm)	38
Cuadro 9. Prueba de Kruskal Wallis para la variable diámetro (mm)	40
Cuadro 10. Prueba de Kruskal Wallis para la variable No. hojas/plantas	41
Cuadro 11. Prueba de Kruskal Wallis para la variable No. flores/plantas	43
Cuadro 12. Prueba de Kruskal Wallis para la variable No. vainas/plantas....	44
Cuadro 13. Prueba de Kruskal Wallis para la variable long. vainas/plantas..	45
Cuadro 14. Prueba de Kruskal Wallis para la variable No. granos/vainas/plantas.....	46
Cuadro 15. Análisis de la varianza.....	49
Cuadro 16. Análisis de la varianza (SC tipo III).....	50
Cuadro 17. Contrastes ortogonales entre tratamientos.....	50
Cuadro 18. Coeficientes de los contrastes	50
Cuadro 19. Prueba de Duncan Alfa = 0.05	51
Cuadro 20. Prueba de Tukey Alfa = 0.05 DMS = 34.04520	51
Cuadro 21. Prueba de LSD Fisher Alfa = 0.05 DMS = 24.06288	51
Cuadro 22. Shapiro-Wilks (modificado)	53
Cuadro 23. Análisis de igualdad varianza (SC tipo III)	54

ÍNDICE DE FIGURAS, GRÁFICOS Y MAPAS

Figura 1. Esquema de los cuatro tipos de hábitos de crecimiento del frijol ..	12
Figura 2. Componentes de la flor de frijol	15
Figura 3. Fruto de la planta de frijol	16
Figura 4. Composición externa de la semilla de frijol.....	17
Figura 5. Composición interna de la semilla de frijol.....	17
Figura 6. Etapa de desarrollo del cultivo de frijol	29

GRÁFICOS

Grafica 1. Condiciones agrometeorológicas durante los meses del ensayo .	26
Grafica 2. Porcentaje germinativo de las dos variedades	36
Grafica 3. Comportamiento de la variable altura (cm) para los periodos 13, 20 y 27 DDS, según tratamientos	37
Grafica 4. Altura (cm) vs tratamientos.....	38
Grafica 5. Comportamiento de la variable diámetro (mm) para los periodos 13, 20 y 27 DDS, según tratamientos	39
Grafica 6. Diámetro (mm) vs tratamientos	40
Grafica 7. Comportamiento de la variable No. hojas/plantas para los periodos 13, 20 y 27 DDS, según tratamientos	41
Grafica 8. Comportamiento de la variable No. flores/plantas para los periodos 34, 41, 48 y 55 DDS, según tratamientos	42
Grafica 9. Comportamiento de la variable No. vainas/plantas para los periodos 34, 41, 48, 55 y 70 DDS, según tratamientos.....	43
Grafica 10. No. vainas/plantas vs tratamientos.....	44
Grafica 11. Comportamiento de la variable long. vainas/plantas (cm) para el periodo 70 DDS, según tratamientos	45
Grafica 12. Comportamiento de la variable No. granos/vainas/pl- para el periodo 70 DDS, según tratamientos	46

Grafica 13. No. granos/vainas/plantas vs tratamientos.....	47
Grafica 14. Q-Q plot de la distribución normal a partir de un modelo con errores normales.....	53
Grafica 15. Ilustración del supuesto de homogeneidad de varianzas	54
Grafica 16. Rendimiento obtenido por cada tratamiento en cada bloque.....	55
Grafica 17. Rendimiento obtenido qq/Mz por tratamiento.....	56

MAPAS

Mapa 1. Macro-localización de la finca académica “Snaki”.....	25
---	----

LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS

ANAVA	Análisis Estadístico de la Varianza
A (A1B1)	Variedad DOR-364-Siembra al espeque
B (A1B2)	Variedad DOR-364-Siembra al voleo
C (A2B1)	Variedad H-46-Siembra al espeque
D (A2B2)	Variedad H-46-Siembra al voleo
CIAT	Centro Internacional de Agricultura Tropical
DBCA	Diseño de Bloque completamente alazar
DDS	Días después de la siembra
g/P.U	Gramos por parcela útil
Ha	Hectárea
INETER	Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales
INTA	Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria
kg/ha	kilogramo por hectárea
m/s	Metros por segundo
MAGFOR	Ministerio Agropecuario y Forestal
Mz	Manzanas
SC	Suma de Cuadrados
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
RAAN	Región Autónoma del Atlántico Norte
URACCAN	Universidad de las Regiones Autónomas de la Costa Caribe Nicaragüense

1 INTRODUCCIÓN

El presente estudio evalúa el comportamiento agronómico de dos variedades mejoradas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) DOR-364 y H-46, bajo dos métodos de siembra tradicional (al voleo y al espeque); teniendo como la variable principal el rendimiento. El ensayo experimental fue ubicado en la finca académica “Snaki”, ubicada en la comunidad Moss Pam, a 80 km aproximadamente en dirección norte de la cabecera municipal de Puerto Cabezas, administrativamente pertenece al Territorio de Wanki Twi-Tasba Raya, municipio de Waspam, Río Coco, RAAN. Comunidades que basan su subsistencia en la producción de granos básicos, tubérculos, musáceas, ganado mayor y menor, aprovechamiento forestal, y otras actividades económicas destinadas a sus necesidades de primer orden. Siendo la producción de frijol uno de los principales rubros en la economía comunitaria, como generador de ingresos y empleo rural y, el producto básico en la dieta alimenticia por su alto contenido proteico y de otros elementos minerales esenciales para el organismo.

Entre las características que distinguen a la finca “Snaki”, y que la hace merecedora del presente experimento agrícola se mencionan: 1) es una finca con orientación académica de carácter experimental técnico-científico; 2) consta de suficiente superficie (108.13 ha), con condiciones agroecológicas similares a las áreas destinadas a la producción agrícola (frijol), ganadera y de aprovechamiento del bosque por parte de las comunidades indígenas y mestizas de la RAAN; y finalmente 3) por ser una zona tropical húmeda con predominancia de bosques latifoliado típica de la RAAN, con diversidad de especies maderables y no maderables, especies exóticas de floras y faunas, entre otras; utilizada para la siembra del frijol en época de apante (URACCAN, 2009).

De acuerdo al INTA (2004), los principales problemas que enfrenta la producción del cultivo de frijol en Nicaragua, y en particular para la zona húmeda de la RAAN son: irregularidades en las lluvias (actualmente el problema es más frecuente); uso de semillas de mala calidad; alta incidencia de enfermedades (ataques de plagas); sequías prolongadas; suelos poco fértiles, sumada la falta de fertilización; baja densidad de siembra; mal uso de agroquímicos; métodos de siembra inadecuados, ingenuidad ante las épocas de siembra; falta de asistencia técnica y

capacitación en el manejo agronómico del cultivo; entre otros. Problemas que están provocando altos costos en la producción, pérdidas parciales en las cosechas y rendimientos muy bajos. Razones que llevaron a cabo el presente estudio para evaluar desde un criterio técnico el problema que enfrenta la producción de frijol bajo los dos “sistemas de siembra tradicional” en relación al rendimiento; asimismo, poder caracterizar morfométricamente las etapas del cultivo (vegetativa y reproductiva), con el propósito de subrayar sus tendencias durante su crecimiento y/o desarrollo, y señalar las vulnerabilidad y amenazas en cada etapa del ciclo del cultivo.

Para validar la investigación se aplicó el diseño de bloque completamente al azar (DBCA), con 12 unidades muestréales, 3 repeticiones y 4 tratamientos [A (A1B1), B (A1B2), C (A2B1) y D (A2B2)]; simultáneamente se tomaron datos de las características morfométricas de las plantas durante su ciclo agrícola. Las variables evaluadas, estuvieron de acorde a las dos etapas del frijol común: para la etapa vegetativa las variables fueron; germinación, altura de las plantas (cm), diámetro del tallo (mm) y número de hojas por plantas; y en la etapa reproductiva y de cosecha las variables fueron; número de flores, número de vainas por plantas, longitud de vaina (cm) por plantas, número de granos por vainas por plantas y peso de la semilla o rendimiento (g/P.U); siendo el rendimiento la principal variable de evaluación del estudio.

Finalmente, los resultados permitirán a los organismos gubernamentales como el INTA, gobierno regional, MAGFOR y, no gubernamentales como la FAO, PNUD, entre otros organismos de la RAAN; poder contar con una información técnica agronómica del cultivo de frijol, y sobre la base de ella, tomar medidas y/o alternativas para contrarrestar los problemas del manejo del cultivo y por ende de los bajos rendimientos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar el comportamiento agronómico de las variedades de frijol DOR-364 y H-46, bajo dos métodos de siembra tradicional (al voleo y al espeque), en época de apante y en condiciones de bosque tropical húmedo; la cual permita la selección y/o recomendación del tratamiento con mayor significancia en el rendimiento, comunidad de Moos Pam, Waspam, RAAN, Nicaragua.

2.2 Objetivos específicos

1. Caracterizar los métodos de siembra tradicional establecidos en el diseño experimental.
2. Analizar las características morfométricas de la etapa vegetativa y reproductiva.
3. Evaluar el rendimiento de las variedades DOR-364 y H-46, bajo el diseño experimental DBCA.

2.3 Hipótesis

Ho: los métodos de siembra tradicional (al volea y al espeque) para las variedades DOR-364 y H-46 del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), son estadísticamente iguales en la variable rendimiento.

Ha: los métodos de siembra tradicional (al volea y al espeque) para las variedades DOR-364 y H-46 del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), difieren estadísticamente en la variable rendimiento.

3 MARCO TEÓRICO

3.1 Comunidad Moss Pam

3.1.1 Reseña histórica

La comunidad Moss Pam fue poblada antes de 1920 por familias indígenas procedentes del Río Coco, y de la comunidad de Wawa en busca de nuevas tierras para hacer labores agrícolas (Fernández y Brooks (2008: pag 20)).

En 1925 se estableció la compañía, llamada Standard Fruit Company, quienes en primera instancia se dedicaron a la explotación forestal, posteriormente establecieron plantaciones de banano con fines de exportación hacia el mercado Estadounidense. La compañía construyó su propia vía ferroviaria para transportar la producción hacia el muelle de Bilwi, acompañada de vigilancia militar norteamericana, fundando así su propia base de operación a orillas del puente “Snaki”, en la actualidad corresponde al área de la finca académica de la universidad URACCAN.

La demanda de mano de obra para el trabajo en las bananeras, permitió que personas de diversas partes del país emigraran hacia el sector; logrando, que muchas familias se quedaran a vivir en estas tierras, constituyendo familias multiétnicas, que con el tiempo se acrecentaron hasta establecer lo que hoy en día se conoce, como Moos Pam.

Un estudio realizado por Fernández y Brooks (2008: pag 22) plantea que para ese año, la composición étnica actual concertaba a 52% Mestizo, 44% Miskitus y 4% Mayangnas; distribuidas en una población de 500 habitantes de las cuales un 70% aproximadamente de las familias viven permanentemente en la comunidad, el resto emigró a la ciudad de Waspam o Bilwi.

3.1.2 Características biofísicas de la comunidad y finca “Snaki”

A continuación se describen de forma recapitulada los componentes abióticos y bióticos del sector de la comunidad Moss Pam (Cuadro 1 y 2);

de acuerdo a un estudio realizado por Fernandez y Brooks (2008: pag.) y un estudio de suelo URACCAN (2009: pag.) y INETER (2010).

Cuadro 1. Componentes abióticos de la comunidad Moss Pam

Clima (INETER, 2010)
<p>↓ <i>Precipitación:</i> se registran durante casi todo el año, lo cual es un indicador de lluvias constantes. Los meses de menor precipitación son marzo y abril con 180 mm, en cambio el periodo con mayores pluviosidades va desde junio a octubre, con más de 300 mm.</p> <p>↓ <i>Temperatura:</i> las temperaturas máximas se presentan en los meses de abril y mayo con valores de 27.5 °C, en cambio las mínimas se presentan en los meses de diciembre y enero con promedio de 23.5 °C.</p> <p>↓ <i>Evaporación y humedad relativa:</i> la evaporación oscila entre 100 - 200 mm/mes, muy similar a la precipitación promedio mensual. En cambio la humedad relativa se incrementa en áreas de mayor pluviosidad, con un valor promedio de 80 - 85%.</p> <p>↓ <i>Viento:</i> las mayores velocidades se presentan en los meses de noviembre y febrero, llegando a alcanzar entre 8 - 12 m/s, siendo septiembre y octubre los meses con las menores velocidades (2 - 3 m/s). La dirección normal del viento es del Este; no obstante, en noviembre y diciembre cambia de dirección procediendo del Norte.</p> <p>↓ <i>Luz solar:</i> la luz solar en época lluviosa es mínima alcanzando entre 3 - 5 horas luz, en cambio en los meses de verano alcanza una insolación máxima de 12 horas luz.</p>
Geología
Según Hongson (1983), el territorio se ubica en la planicie de la provincia geológica de los llanos de la Costa Caribe Nicaragüense, con un paisaje modelado por los efectos de la erosión y sedimentación de los suelos de origen aluvial a través de las diferentes épocas geológicas.
Fisiología y relieve
De manera general se caracteriza como una planicie, por estar ubicado en la ribera de la cuenca media del río Wawa. Asimismo, el paisaje es muy diferenciado, por estar ubicado en una especie de valle entre montañas de bosques latifoliados y llanuras de bosque de sabana de pinares.
Paisaje natural
Las características de estos suelos son de origen aluviales por su cercana ubicación a la orilla del río Wawa. Cuenta con varios cuerpos de agua permanentes que circulan en el interior de la comunidad formando pequeñas cascadas, y realzando la belleza paisajística del lugar.
Recurso edáfica
Los suelos predominantes pertenecen al orden Ultisols de intermedia intemperización química, presentan una densidad aparente (Da) de entre 0.84 - 1.18 g/cm ³ ; una variación textural de franco arenoso, a franco en el suelo superficial (menor de 20 cm de profundidad), y arcilloso arenoso a arenoso franco en el sub-suelo (mayor de 20 cm de profundidad), con un color predominante 10YR (pardo oscuro) en el suelo superficial.
La valoración de la característica química del suelo en el área de la finca "Snaki"

muestran una pH de suelo superficial medianamente ácido (5.8 - 6.2), representando el 67.5% del área total de la finca, y el restante son suelos fuertemente ácidos (pH = 5.4 - 5.8). Los suelos sub-superficiales se clasifican como medianamente ácido, y presentan valores que varían entre 5.5 - 6.1 de Ph (URACCAN, 2009).
Agua
Hidrológicamente la comunidad está caracterizada por el afluente principal del río Wawa, que tiene una longitud de 160 km, la cual desemboca directamente en la laguna de Karata drenando al mar Caribe. Internamente existen riachuelos perennes utilizados por los comunitarios como medio de transporte, para la pesca y como aguaderos de los animales domésticos.

Cuadro 2. Componentes bióticos de la comunidad Moss Pam

Vegetación
La vegetación natural concierne al bosque latifoliado húmedo tropical, perturbado en su totalidad por el huracán Félix de categoría 5 (260 km/hora), caracterizada por tener un dosel superior cerrado, con predominancia de especies maderables como: Santa maría (<i>Calophyllum brasiliense</i>), Palo de agua (<i>Vochysia guatemalensis</i>), Kerosén (<i>Tetragastris panamensis</i>), Leche maría (<i>Symphonia globulifera</i>), Come negro (<i>Dialium guianense</i>), y otras. Entre las especies medicinales utilizadas por los comunitarios se destacan: Guapinol (<i>Himeneia caubarii</i>), Indio desnudo (<i>Bursera simaruba</i>), Laurel (<i>Cordia alliodora</i>), Uña de gato (<i>Uncaria tomentosa</i>), Escalera de mico (<i>Bauhinia guianensis</i>), Cordoncillo (<i>Piper sp.</i>), entre otras.
Fauna silvestre
Existe una biodiversidad de especies silvestres, entre los más comunes se mencionan; Chanco de monte (<i>Tayassu pecari</i>), Cusuco (<i>Dasypus novencintus</i>), Mono Congo (<i>Alouatta palliata</i>), Guarda tinaja (<i>Agoati paca</i>), y otras. En la actualidad las especies mencionadas son escasas y se encuentran en peligro de extinción.
Actividades agropecuarias
<i>Cultivos tradicionales:</i> en la comunidad los cultivos predominantes son; Arroz (<i>Oriza sativa</i>), Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>) y Maíz (<i>Zea maíz</i>). También se cultivan raíces y tubérculos, como la Yuca (<i>Manihot esculentum</i>), Quequisques (<i>Xanthosoma ssp</i>), Plátanos y Banano (<i>Musa ssp</i>), entre otras. La comunidad cuenta con árboles frutales como el Coco (<i>Cocus conífera</i>), Marañón (<i>Anacardia occidentale</i>), entre otras. El ganado mayor y menor; bobino, equino porcinos y aves (gallinas, patos).

3.2 Diseño de bloques completamente al azar (DBCA)

El DBCA, también conocido como diseño de doble vía, se aplica cuando el material es heterogéneo. Las unidades experimentales homogéneas se agrupan formando grupos uniformes llamados bloques (Mendiburu, 2007).

De acuerdo al manual de usuario de InfoStat (2010), las fuentes de variación para el análisis estadístico corresponde al: tratamiento $(t-1) = 4$; bloques $(r-1) = 3$ y error $(t-1)(r-1)=12$. Entre las características del diseño se destacan: a) las unidades experimentales son heterogéneas; b) las unidades homogéneas están agrupadas formando los bloques; c) en cada bloque se tiene un número de unidades igual al número de tratamientos (bloques completos); d) los tratamientos están distribuidos al azar en cada bloque; y f) el número de repeticiones es igual al número de bloques.

3.2.1 Modelo de DBCA

El modelo para analizar un diseño en bloques completamente al azar (DBCA), sin estructura factorial de tratamientos es:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad (\text{ec. 3.2.1 1})$$

Donde;

y_{ij} = respuesta del i-ésimo tratamiento en el j-ésimo bloque

μ = media general

τ_i = efecto del i-ésimo tratamiento $i = 1, \dots, a$

β_j = efecto del j-ésimo bloque $j = 1, \dots, b$

ε_{ij} = el término de error aleatorio.

Si se puede suponer que existe aditividad bloque-tratamiento y que los ε_{ij} son independientes e idénticamente distribuidos con $N(0, \sigma^2)$ puede obtenerse una prueba exacta para la hipótesis de igualdad de medias de tratamientos. Las hipótesis que se somete a prueba en este tipo de diseños es, a una vía de clasificación, establecida sobre la medias de las poblaciones relacionadas a cada tratamiento, es decir:

$$(\mu_i = \mu + \tau_i \text{ con } i = 1, \dots, a): \quad (\text{ec. 3.2.1 2})$$

Donde;

H_0 : $\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_a$

H_1 : Al menos un par de medias difiere

Algebraicamente, en el contexto del ANAVA existe una forma conveniente de expresar la magnitud de la variabilidad debida a los bloques en el contexto de las otras fuentes de variación intervinientes, tal como:

$$SCTotal = SCtratamiento + SCbloque + SCerror \quad (ec. 3.2.1 \ 3)$$

Donde la suma de los desvíos cuadrados de cada observación con respecto a la media general puede ser particionada en tres sumas de cuadrados, una indicadora de las diferencias entre tratamientos: Suma de Cuadrados de tratamientos ($SC_{tratamiento}$), otra de la diferencia entre bloques: Suma de Cuadrados de bloques (SC_{bloque}) y otra que expresa la variación aleatoria de unidades experimentales que recibieron el mismo tratamiento después de descontar las variaciones debidas a las diferencias entre bloques, es decir el error experimental: Suma de Cuadrados del error (SC_{error}).

Si las diferencias entre unidades experimentales debidas al factor de bloqueo no es considerada, la Suma de Cuadrados de bloques se adiciona a la Suma de Cuadrados del error. Esto implica que el error experimental aumenta, y que no es un indicador de la varianza innata de la respuesta; consecuencia se pierde eficiencia en la prueba de la hipótesis de interés. Si los tratamientos son considerados fijos, el valor esperado para el cuadrado medio de tratamientos es:

$$E [CM_{Trat.}] = \sigma^2 + b \sum \tau_i^2 / (a-1) \quad (ec. 3.2.1 \ 3)$$

El valor esperado para el cuadrado medio del error (CMR) es σ^2 y, por lo tanto se puede construir un estadístico F a partir del cociente entre estos dos cuadrados medios que se utiliza para contrastar las hipótesis de interés.

3.2.2 Análisis de varianza para el modelo DBCA

El Cuadro 3 muestra la varianza del modelo correspondiente a un DBCA.

Cuadro 3. Análisis de la varianza para el modelo de un DBCA

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F
---------------------	-------------------	--------------------	----------------	---

Tratamiento	$SCTrat = \sum_{i=1}^a \frac{(Y_{i.})^2}{b} - \frac{(Y_{..})^2}{ab}$	gltr = a-1	$CMTrat = \frac{SCTrat}{gltr}$	$\frac{CMTrat}{CMD}$
Bloque	$SCBloque = \sum_{j=1}^b \frac{(Y_{.j})^2}{a} - \frac{(Y_{..})^2}{ab}$	glbl = b-1	$CMBloq = \frac{SCBloq}{glbl}$	$\frac{CMBloq}{CMD}$
Error	$SCD = SCT - SCTrat. - SCBloque$	gld = (a-1)(b-1)	$CMD = \frac{SCD}{gld}$	
Total	$SCT = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b Y_{ij}^2 - \frac{(Y_{..})^2}{ab}$	gl = a·b-1		

Es importante resaltar que el supuesto de no interacción entre bloques y tratamientos: conocido como supuesto de aditividad es necesario para que el valor observado en el estadístico F del experimento, pueda ser evaluado usando la distribución F de Snedecor. Igualmente, existen pruebas desarrolladas por Tukey y Mandel, conocidas como pruebas de no aditividad, que permiten controlar el supuesto.

3.2.3 Estimación de los parámetros para un modelo DBCA

Los parámetros del modelo se pueden estimar por el método de mínimos cuadrados. Para poder obtener una solución, se deben imponer algunas restricciones. Restricciones comúnmente usadas son:

$$\sum_{i=1}^a \hat{\tau}_i = 0 \quad (\text{ec. 3.2.3 } 1)$$

$$\sum_{j=1}^b \hat{\beta}_j = 0$$

Al imponer estas restricciones, se obtienen las siguientes soluciones:

$$\hat{\mu} = \bar{y}_{..}$$

$$\hat{\tau}_i = \bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..} \quad i = 1, \dots, a$$

$$\hat{\beta}_j = \bar{y}_{.j} - \bar{y}_{..} \quad j = 1, \dots, b$$

Finalmente, podemos usar estas estimaciones de los parámetros, para estimar el valor esperado de cualquier observación y obtener así el valor ajustado de y_{ij} .

$$\begin{aligned}\hat{y}_{ij} &= \hat{\mu} + \hat{\alpha}_i + \hat{\beta}_j \\ \hat{y}_{ij} &= \bar{y}_{..} + (\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..}) + (\bar{y}_{.j} - \bar{y}_{..}) \\ \hat{y}_{ij} &= \bar{y}_{i.} + \bar{y}_{.j} - \bar{y}_{..}\end{aligned}\quad (\text{ec. 3.2.3 } 2)$$

El disponer de los valores ajustados (predichos), este permite calcular los residuos para el modelo. Estos residuos se usan para evaluar el cumplimiento de los supuestos que sustentan el análisis de la varianza clásica (MMI).

3.3 Cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

3.3.1 Taxonomía

Desde el punto de vista taxonómico, el frijol es el prototipo del género *Phaseolus* y su nombre científico es *Phaseolus vulgaris* L. asignado por Lineo en 1753. Pertenece a la tribu *Phaseolae* de la subfamilia *papilionoidae* dentro del orden *Rosales* y la familia *Leguminoseae* (CIAT, 1984).

El género *Phaseolus* incluye aproximadamente 35 especies, de las cuales cuatro se cultivan: *P. vulgaris* L.; *P. lunatus* L.; *P. coccineus* L.; y *P. acutifolius* A. Gray *van latifolius* Freeman (CIAT, 1984).

Cuadro 4. Taxonomía del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

No.	Orden	Género
1	Familia	Rosales
2	Subfamilia	Leguminoseae
3	Tribu	Papilionoideae
4	Subtribu	Phaseolinae
5	Genero	Phaseolus

Fuente: (Barquero et al. 1988)

3.3.2 Morfología

3.3.2.1 Raíz

En la primera etapa de desarrollo el sistema radical está formado por la radícula del embrión, la cual se convierte posteriormente en la raíz principal o primaria. A los pocos días de la emergencia de la radícula, es posible ver las raíces secundarias, que se desarrollan especialmente en la parte superior o cuello de la raíz principal. Sobre las raíces secundarias se desarrollan las raíces terciarias y otras subdivisiones como los pelos absorbentes, los cuales, además se encuentran en todos los puntos de crecimiento de la raíz. La raíz principal se puede distinguir entonces por su diámetro y mayor longitud. En general, el sistema radical es superficial, ya que el mayor volumen de raíces se encuentra en los primeros 20 cm de profundidad en el suelo (CIAT, 1984).

Como miembro de la subfamilia papilionoideae, *Phaseolus vulgaris* L. presenta nódulos distribuidos en las raíces laterales de la parte superior y media del sistema radical. Estos nódulos son colonizados por bacterias del género *Rhizobium*, las cuales fijan el nitrógeno atmosférico que contribuye a satisfacer los requerimientos de este elemento en la planta. (Barquero et al. 1988). La composición del sistema radical y su tamaño dependen de las características del suelo, tales como estructura, porosidad, grado de aireación, capacidad de retención de humedad, temperatura, contenido de nutrientes, entre otros (CIAT, 1984).

3.3.2.2 Tallo

El tallo puede ser identificado como el eje central de la planta, el cual está formado por la sucesión de nudos y entrenudos. Se origina del meristemo apical del embrión de la semilla. Desde la germinación, y en las primeras etapas de desarrollo de la planta, este meristema tiene fuerte dominancia apical y en su proceso de desarrollo genera nudos. Un nudo es el punto de inserción de las hojas o de los cotiledones en el tallo. El tallo es herbáceo y con sección cilíndrica o levemente angular, debido a pequeñas corrugaciones de la epidermis.

El tallo tiene generalmente un diámetro mayor que las ramas, y puede ser erecto, semiprostrado y prostrado, según el hábito de crecimiento de la

variedad. Existe una variación en lo que respecta a la pigmentación del tallo, de modo que pueden encontrarse derivaciones de tres colores fundamentales: verde, rosado y morado (CIAT, 1984).

3.3.2.3 Hábito de crecimiento

Este concepto morfo agronómico puede ser definido como el resultado de la interacción de varios caracteres de la planta que determinan su arquitectura final; debido a que algunos de estos caracteres son influenciados por el ambiente, el hábito de crecimiento puede ser afectado por éste. Los principales caracteres morfo agronómicos que ayudan a determinar el hábito de crecimiento (Figura 1) son:

- El tipo de desarrollo de la parte terminal del tallo: determinado o indeterminado.
- El número de nudos.
- La longitud de los entrenudos y, en consecuencia, la altura de la planta.
- La aptitud para trepar.
- El grado y tipo de ramificación. Es necesario incluir el concepto de guía definida como la parte del tallo o de las ramas que sobresale por encima del follaje del cultivo.

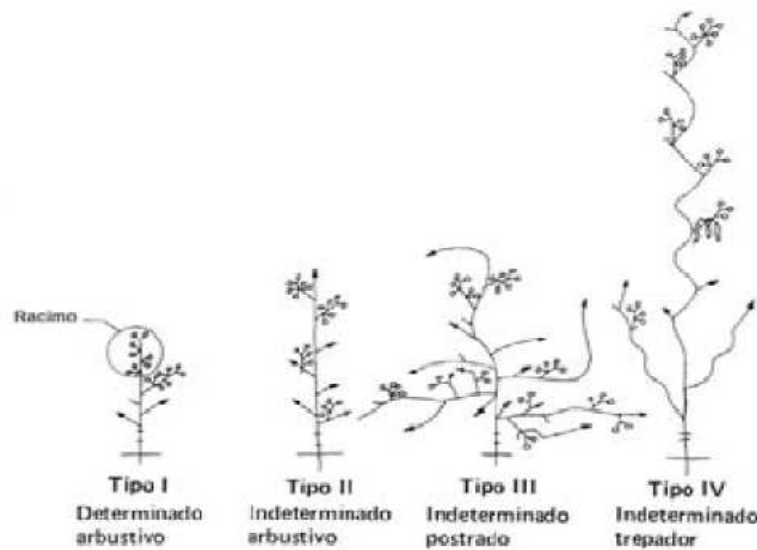


Figura 1. Esquema de los cuatro tipos de hábitos de crecimiento del frijol
Fuente: CIAT (1984)

A continuación se describen los tipos de hábitos de crecimiento del cultivo de frijol (Figura 1).

Tipo I. Hábito de crecimiento determinado arbustivo, características: a) el tallo y las ramas terminan en una inflorescencia desarrollada; b) el tallo es fuerte, con un bajo número de entrenudos de 5 - 10 normalmente cortos; c) la altura puede variar entre 30 - 50 cm; sin embargo, hay casos de plantas enanas más cortas; d) la etapa de floración es corta y la madurez de todas las vainas ocurre casi al mismo tiempo.

Tipo II. Hábito de crecimiento indeterminado arbustivo, características: a) tallo erecto sin aptitud para trepar, aunque termina en una guía corta; b) pocas ramas, pero con un número superior al tipo I, y generalmente cortas con respecto al tallo; c) el número de nudos del tallo es superior al de las plantas del tipo I, generalmente más de 12; y d) como las plantas de hábito de crecimiento indeterminado, éstas continúan creciendo durante la etapa de floración, aunque a un ritmo menor.

Tipo III. Hábito de crecimiento indeterminado postrado, características: a) plantas postradas o semipostradas, con ramificación bien desarrollada; b) la altura de las plantas es superior a la de las plantas del tipo I, generalmente mayor a 80 cm; c) el número de nudos del tallo y de las ramas es superior al de los tipos I y II; asimismo, la longitud de los entrenudos, y el tallo como las ramas terminan en guías; y d) el desarrollo del tallo y el grado de ramificación originan variaciones en la arquitectura de la planta; algunas son postradas desde las primeras etapas de la fase vegetativa; otras son arbustivas hasta prefloración y luego son postradas.

Tipo IV. Hábito de crecimiento indeterminado trepador. Se considera que las plantas de este tipo de hábito de crecimiento son las del típico hábito trepador; las características: a) a partir de la primera hoja trifoliada, el tallo desarrolla la doble capacidad de torsión, lo que se traduce en su habilidad trepadora; b) las ramas muy poco desarrolladas a causa de su dominancia apical; c) el tallo, puede tener de 20 - 30 nudos, y alcanzar más de 2 m de altura con un soporte adecuado; d) la etapa de floración es significativamente más larga que la de los otros hábitos, de tal manera que en la planta se presentan, a un mismo tiempo, la etapa de floración, la formación de las vainas, el llenado de las vainas y la maduración.

3.3.2.4 Ramas y complejos axilares

Las ramas se desarrollan a partir de un complejo de yemas localizado siempre en las axilas, formadas por el pulvínulo de una hoja y el tallo o rama, aunque también se localizan en la inserción de los cotiledones. Es el denominado complejo axilar, que generalmente está formado por tres yemas visibles desde el inicio de su desarrollo. De éste, además de ramas, se pueden desarrollar otras estructuras, como las inflorescencias. El predominio de ramas o inflorescencias depende del hábito de crecimiento y de la parte de la planta considerada. Las tres yemas forman un complejo axilar llamado tríada, y pueden tener un desarrollo diferente que puede ser de tres tipos:

- a) Tipo 1. Desarrollo completamente vegetativo, si las tres yemas son vegetativas.
- b) Tipo 2. Desarrollo floral y vegetativo, si existen yemas florales y vegetativas.
- c) Tipo 3. Desarrollo completamente floral, si las tres yemas son yemas florales.

El desarrollo de la estructura de la planta se limita a los tres casos de desarrollo de las tríadas, tanto en el tallo como en las ramas. En los hábitos determinados se presentan los tipos 1 y 3, mientras que en los indeterminados se presentan los tipos 1 y 2 (CIAT, 1984).

3.3.2.5 Hojas

Las hojas del frijol son de tipos simples y compuestas, y están insertadas en los nudos del tallo y las ramas. Las hojas primarias son simples, y aparecen en el segundo nudo del tallo, formándose en la semilla durante la embriogénesis, y caen antes de que la planta esté completamente desarrollada. Las hojas compuestas trifoliadas son típicas del frijol, tienen tres folíolos, un pecíolo y un raquis. En la inserción de las hojas trifoliadas hay un par de estipulas de forma triangular que siempre son visibles (CIAT, 1984).

3.3.2.6 Inflorescencia

Las inflorescencias pueden ser terminales o axilares. Desde el punto de vista botánico se consideran como racimos de racimos, es decir, un racimo principal compuesto de racimos secundarios, los cuales se

originan de un complejo de tres yemas (tríada floral) que se encuentran en las axilas formadas por las brácteas primarias y el raquis. En la inflorescencia se pueden distinguir tres componentes principales: 1) el eje de la inflorescencia, que se compone de pedúnculo y de raquis; 2) las brácteas primarias; y 3) los botones florales (CIAT, 1984).

3.3.2.7 Flor

La flor es una típica flor papilionácea. En el proceso de desarrollo de la flor pueden distinguirse dos estados; 1) el botón floral; y 2) la flor completamente abierta. Las características de la flor son las siguientes (Figura 2): a) un pecíolo, y en su base una pequeña bráctea; b) el cáliz, que posee cinco dientes triangulados dispuestos en dos grupos; c) la corola, que es pentámera y papilionácea, con dos pétalos soldados por su base. En ella se distinguen el pétalo más sobresaliente o estandarte, que puede ser de color blanco, verde, rosado o púrpura y que, generalmente, se torna amarillo después de la fecundación, y dos alas cuyo color puede ser blanco, rosado o púrpura; d) el androceo, que está formado por nueve estambres soldados en su base por un tubo, y un estambre libre llamado vexilar; y finalmente e) el gineceo, que incluye el ovario comprimido, el estilo encorvado y el estigma interno lateral terminal (Figura 2).

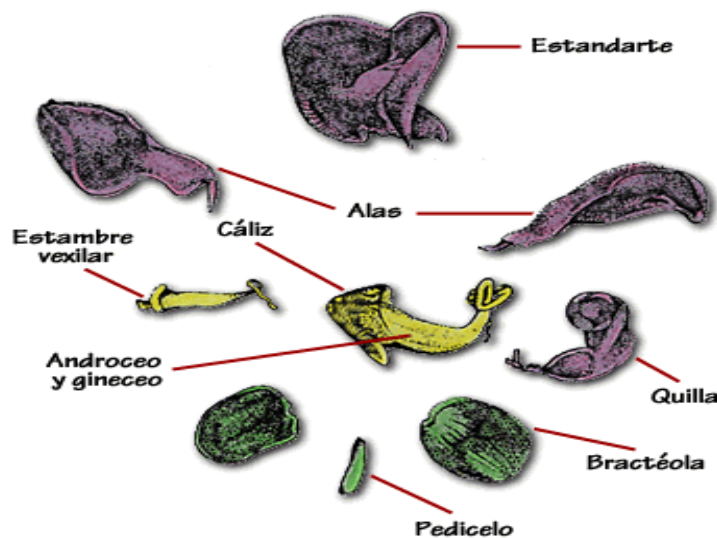


Figura 2. Componentes de la flor de frijol
Fuente: CIAT (1984)

3.3.2.8 Fruto

El fruto es una vaina con dos valvas, las cuales provienen del ovario comprimido. Puesto que el fruto es una vaina, esta especie se clasifica como leguminosa. Las vainas pueden ser de diversos colores, uniformes o con rayas, dependiendo de la variedad. Dos suturas aparecen en la unión de las valvas: la sutura dorsal, llamada placentar, y la sutura ventral. Los óvulos, que son las futuras semillas, alternan en la sutura placentar. (Figura 3).

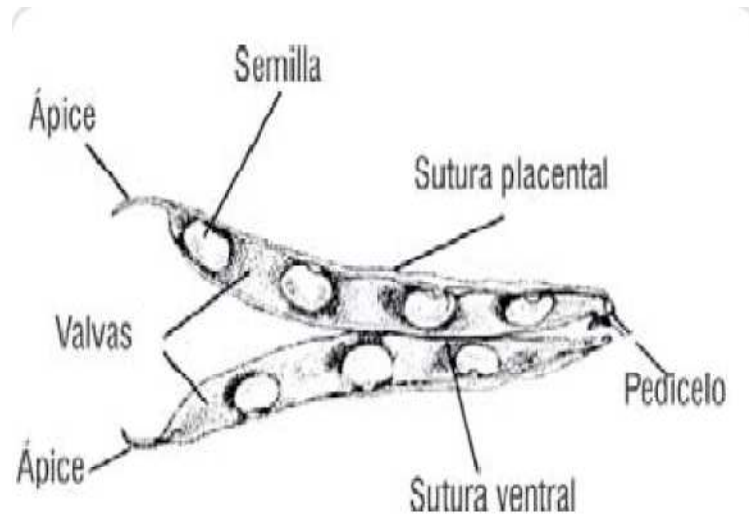


Figura 3. Fruto de la planta de frijol
Fuente: CIAT (1984)

3.3.2.9 Semillas

Las semillas son ex-albuminosas, es decir, que no posee albumen, por lo tanto, las reservas nutritivas se concentran en los cotiledones. Estos, puede tener varias formas; ovalada, redonda, cilíndrica, arriñonada. Las partes externas más importantes de la semilla se muestran a continuación (Figura 4): a) la testa o cubierta, que corresponde a la capa secundaria del óvulo; b) el hilum, que conecta la semilla con la placenta; c) el micrópilo, que es una abertura en la cubierta cerca del hilum, a través de esta abertura se realiza la absorción del agua; y d) el rafe, proveniente de la soldadura del funículo con los tegumentos externos de óvulo.

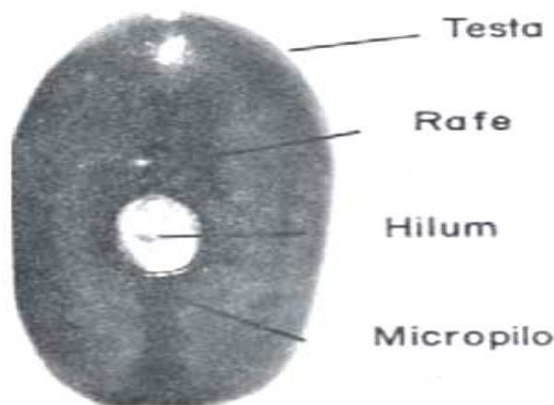


Figura 4. Composición externa de la semilla de frijol
Fuente: CIAT (1984)

Internamente, la semilla está constituida por el embrión, la cual está formada por la plúmula, las dos hojas primarias, el hipocótilo, los dos cotiledones y la radícula (Figura 5). Una semilla es en realidad una planta embrionaria en estado durmiente. El complejo plúmula – radícula está situado entre los dos cotiledones al lado ventral del grano de tal manera que la radícula está en contacto con el micrópilo.

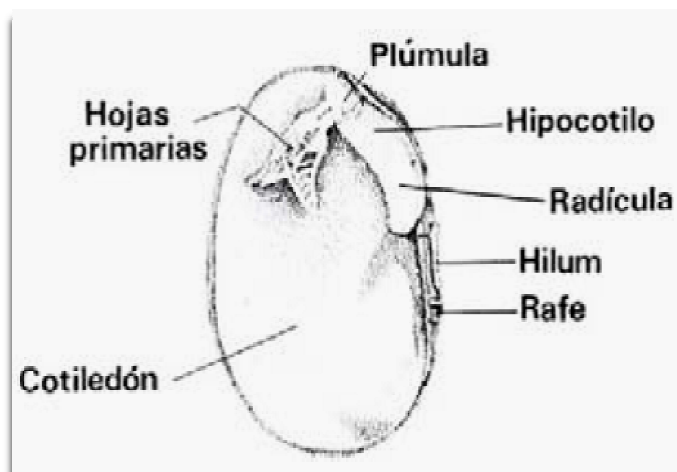


Figura 5. Composición interna de la semilla de frijol
Fuente: CIAT (1984)

La semilla tiene una amplia variación de colores (blanco, crema, rojo, amarillo, café y morado), de forma y brillo. La combinación de colores

también es frecuente. Esta gran variabilidad de los caracteres externos de la semilla se tiene en cuenta para la clasificación de las variedades y clases comerciales de frijol (CIAT, 1984).

3.3.3 Factores edafoclimáticos

3.3.3.1 Temperatura

El frijol crece bien en temperaturas promedio de 15 - 27 °C. Las temperaturas medias optimas diurnas varían entre 15 - 20 °C (Doorenbos et al. 1986). Según Icaza (1981), el rango de temperatura que mejor se adaptan las variedades comerciales del frijol en Nicaragua de 17 – 24 °C aunque puede soportar temperaturas de hasta 27 °C.

La germinación necesita una temperatura mínima en el suelo de 8 °C. (Doorenbos et al. 1986). El ciclo vegetativo del frijol se alarga en la medida que la temperatura se reduce a 14 °C, retardando el siglo vegetativo a 5 días por cada grado que disminuya la temperatura (Icaza, 1986); en cambio las temperaturas altas aceleran los procesos fisiológicos del frijol. Con temperaturas extremas causan la falta de floración, caída interna de botones florales, vainas y esterilidad (Barquero et al. 1988).

3.3.3.2 Luz solar

El papel más importante de la luz solar está en la fotosíntesis, pero también afecta la fenología y morfología de la planta. El frijol es una especie de días cortos, los días largos tienden a causar demora en la floración y la madurez; ya que por cada hora más de luz por día puede retardar la maduración de dos a seis días (White, 1985).

En Nicaragua la longitud del día es de 11 horas en febrero y, de 13 horas en junio, ninguna variedad de las usadas en la actualidad es afectada negativamente por este periodo de tiempo (Barquero et al. 1988).

3.3.3.3 Agua

La plante del frijol requiere de 300 - 500 mm de agua, según la duración del ciclo vegetativo y la características del clima. La absorción de agua ocurre a una profundidad de 50 - 70 cm en el suelo. Está demostrado que

el frijol no tolera el exceso ni la escasez de agua. Sin embargo, la planta ha desarrollado algunos mecanismos de tolerancia a estas condiciones de estrés, como el aumento en el crecimiento de las raíces para mejorar la capacidad de extracción de agua. En cambio, no se han identificado mecanismos de tolerancia al anegamiento, y su recuperación frente a este hecho se relaciona con la habilidad para producir raíces adventicias (White, citado por Ríos, 2002).

3.3.3.4 Suelo

Se recomienda que los suelos para el cultivo de frijol sean profundos (mayor de 60 cm de profundidad), fértiles, preferiblemente de origen volcánico, con no menos de 1.5% de materia orgánica en la capa arable, de textura liviana, con no más de 40% de arcilla, ya que el buen drenaje y la aireación son fundamentales para un buen rendimiento.

Se debe evitar sembrar en suelos ácidos, con contenidos altos en manganeso y aluminio y, bajos en elementos menores. El pH óptimo está comprendido entre 6.5 - 7.5, aunque tolera pH de entre 4.5 - 8.2. Los terrenos deben ser preferiblemente ondulados o ligeramente ondulados, ya que el cultivo es relativamente exigente en nitrógeno y potasio (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 1991)

3.3.4 Características de las variables en estudio

3.3.4.1 DOR-364 y H-46

Los Cuadros 5 y 6 detallan las características agronómicas de ambas variedades; según el INTA (1996)

Cuadro 5. Características agronómicas de la variedad DOR-364

Características agronómicas del DOR-364	
Habito de crecimiento	1 lb arbustivo guía corta
Color de la vaina	Rosada
Forma del grano	Alargada
Altura de ramificación	6 cm
Nudos de ramificación	3.4
Números de ramas	2.4
Altura del follaje	50 cm
Ancho del follaje	54.5

Altura de inserción primera vaina	14 cm
Altura ápice vaina al suelo	5.81 cm
Primera flor abierta	32 días
Floración completa	35-37 días
Llenado de grano	27 días
Madurez fisiológica	63-68 días
Siembra a cosecha	75-85 días
Vainas/planta	12
Granos/vainas	6
Peso de 100 semillas	22 gr
Rendimiento esperado	15 - 25 qq/Mz
Color del grano	Rojo oscuro

Cuadro 6. Características agronómicas de la variedad H-46

Características agronómicas del H-46	
Origen del grano	Honduras
Color	Rojo oscuro brillante
Color de la vaina	Blanca cuando está madura
Forma del grano	Alargada arriñonado
Habito de crecimiento	Arbustiva guía corta, no postrada
Número de ramas	5
Días de floración	32 - 36 días
Días de maduración fisiológica	72 - 76 días
Días a cosecha	80 – 85
Vainas/planta	12 -18
Semillas/vainas	6-7
pH	5.6 – 6.8
Suelo	Franco, franco arenoso
Fecha de siembra	Del 15 de nov., al 15 de dic.

3.3.5 Método de siembra del cultivo de frijol en la RAAN

De acuerdo a la OPS/OMS-DANIDA (2004), la siembra del cultivo de frijol en la RAAN se práctica en las riberas del Río Coco, bajo dos sistemas de siembra tradicional (al espeque y al voleo).

3.3.5.1 Siembra al espeque

El terreno se limpia de malezas con machete y los rastros se dejan o no sobre la superficie del terreno. Luego se siembra usando un espeque (vara o bordón con punta en el extremo o una coba), que facilita la rotura del suelo y sobre cada hoyo se depositan de 3 - 4 semillas.

La distancia más común de siembra con este método, entre hileras va separada de 40 - 60 cm entre hoyos o golpes. Con este método se evita la erosión del suelo. Las malezas se controla entre los 20 - 30 días de establecido el cultivo.

3.3.5.2 Siembra al voleo

Este método consiste en regar el frijol entre la maleza, posteriormente se corta la maleza con machete. Generalmente el tacotal de uno o más años de edad se corta en pequeños trozos en donde previamente se ha distribuido la semilla al voleo. Las semillas germinan sobre la materia orgánica en descomposición, emergiendo a través de la cobertura muerta de malezas.

El método tiene la ventaja de prevenir la erosión y, es adecuado para sembrar en terrenos con pendiente. Una desventaja es que se utilizan muchas semillas, alrededor de 70 kg de semilla por hectárea (ha), ya que hay mucha pérdida en la germinación y durante el desarrollo del cultivo, principalmente por plagas. Se tiene que proveer un control preventivo de babosas, y el daño por ratas es más difícil de controlar.

3.3.6 Plagas y enfermedades

3.3.6.1 Control y manejo de plagas

La importancia que tiene el ataque de plagas en el cultivo de frijol, hace indispensable conocer sus hábitos, las características morfológicas y los daños que causan a las plantas en las distintas etapas del desarrollo. Entre las plagas más comunes se pueden citar los insectos, y en menor grado, los ácaros y roedores.

Los insectos causan pérdidas de plantas, disminuyen la superficie foliar, atacan las vainas y granos, disminuyendo el peso y la calidad. Además, son transmisores de virus de grave incidencia. Se les suele clasificar en: Primarios; Orugas cortadoras (*Agrotis* sp.), Mosca blanca (*Bemisia* spp. *Trialeurodes* spp.), Chicharrita (*Empoasca kraemeri*), Acaro blanco (*poliphagotarsonemus latus*), Barrenador de brote y vaina (*Epinotia - Heliothis*), Gorgojo o brucho (*Acanthoscelides obtectus*), y secundarios; vaquitas, pulgones, minador de hojas, barrenador menor, tucuras,

nematodo de la agalla, trips, arañuela, mosca de la semilla, y otros. El Cuadro 7 compara las plagas en el desarrollo del cultivo, y su daño.

Cuadro 7. Diferentes estados de ataque de plagas en el desarrollo de plagas

Plagas	Desarrollo de cultivo	Umbral de daño	Observaciones
Orugas cortadoras	Germinación-plántulas	>10% plantas dañadas	Ataque en manchones
Barrenador menor	Estado vegetativo	5% de planta dañada	Clima seco-suelo suelto
Chicharrita	Todo el ciclo	> 2 ninfas/planta	Clima seco- altas temperatura
Mosca blanca	Estado vegetativo	1 mosca/planta	Clima seco- altas temperatura
Pulgones	Estado vegetativo	10-15 pulg./planta	-
Acaro blanco	Floración-llenado de vaina	-	Clima húmedo-cálido
Vaquillas	Todo el ciclo	4 adultos/planta	-
Barrenador de vaina	Formación-maduración, vaina	10 larvas/m2	-

Fuente: INTA (2004)

3.3.6.1 Control de enfermedades

Según la IICA (2010), entre las principales enfermedades que atacan al cultivo de frijol, y que son provocadas por hongos y virus; las cuales pueden producir daños en los tallos, hojas, vainas y pérdidas considerables en el rendimiento son:

a) Mosaico dorado

Esta es una enfermedad producida por un virus, que puede causar la pérdida total del cultivo. Los síntomas se manifiestan con manchas amarillas, algunas veces en forma de estrella, cerca de las nervaduras de las hojas, posteriormente estas toman un color amarillo brillante o dorada. Las plantas afectadas son más pequeñas y tienen pocas vainas las cuales presentan deformaciones. Las semillas se decoloran, deforman, disminuyen su tamaño y peso. La transmisión de la enfermedad se realiza naturalmente por medio de la mosca blanca.

Actividades de prevención: utilizar variedades resistentes; controlar mosca blanca; sembrar frijol lejos de otros cultivos, que son reservorios

de mosca blanca (melón, tomate); y eliminar malezas o frijol voluntario que pueden conservar el virus.

b) Mancha angular

Esta enfermedad puede causar daño entre un 40 y 80% en rendimiento. Los síntomas son más frecuentes en hojas y vainas, aunque también aparecen en los tallos. En las hojas se observan pequeñas manchas de color gris o café, de forma cuadrada o triangular, con bordes amarillentos, estas manchas crecen y se unen. En las vainas se observan manchas café o rojizas circulares, con borde más oscuro. La enfermedad se transmite por semilla.

Actividades de prevención: usar semilla libre de la enfermedad; y eliminar del campo restos de cosechas anteriores muy afectadas.

Control químico; para prevenir el ataque del hongo, se aplica Antracol entre los 12 - 15 días después de germinado, y a los 30 días se puede aplicar Amistar, Flint o Bellis.

c) Antracnosis

Esta enfermedad puede causar pérdidas totales en condiciones favorables. Los síntomas se presentan en tallos, hojas, vainas y semillas. En plantas jóvenes, los tallos presentan manchas pequeñas ligeramente hundidas, que crecen a lo largo y pueden quebrarlo. Debajo de las hojas, las nervaduras se ven quemadas y presentan un color rojizo oscuro. El síntoma más claro es en las vainas, donde se observan manchas redondas, hundidas, con borde rojizo. En ataques tempranos la vaina se tuerce y no produce granos. La enfermedad se transmite por semilla.

Actividades de prevención: usar semilla libre de la enfermedad; y eliminar del campo restos de cosechas anteriores muy afectadas.

d) Roya

Las pérdidas en rendimiento por el ataque de esta enfermedad es de alrededor del 25%. Los síntomas se presentan en las hojas como puntos amarillos que, después de cuatro días de su aparición, en el centro

aparase un punto de color oscuro. Estos puntos se distribuyen por toda la hoja, en algunos casos presentan borde amarillo. Cuando la planta se acerca a la madurez, los puntos rojizos se vuelven negros, ataques severos pueden causar amarilla miento y caída de las hojas

Características de prevención: no sembrar muy tupido; y eliminar restos de cosecha donde hubo daño de la enfermedad, ayuda a reducir el ataque.

Control químico: para prevenir el ataque del hongo, aplicar Antracol entre los 12 - 15 días después de haber nacido el frijol, y a los 30 días, aplicar Amistar, Flint o Bellis.

e) Bacteriosis común

La Bacteriosis común es la principal enfermedad del frijol. Ocasiona pérdidas entre 20 - 40%. Los síntomas se presentan en hojas, vainas, tallo y semilla. La quema aparece principalmente en el borde de las hojas. En las vainas se ven pequeñas manchas húmedas, que se vuelven de color café oscuro con el borde rojizo. Los ataques se ven después de la floración. Su transmisión más directa es por semilla

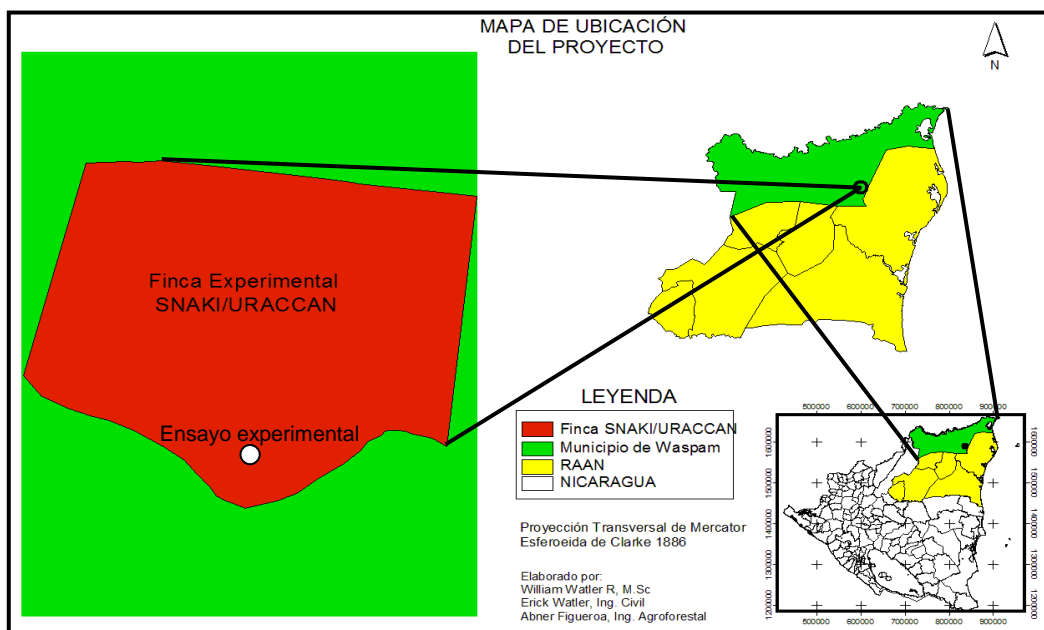
Características de prevención: usar semilla sana y certificada libre de la enfermedad; rotar cultivos; y eliminar plantas enfermas.

Control químico; aplicar fungicidas a base de cobre.

4 MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Descripción del área de estudio

El experimento se ubica en la finca académica “Snaki” (108.13 ha) de la universidad URACCAN, situada en la parte alta de la cuenca del río Wawa, en la comunidad Moss Pam, municipio de Waspam, RAAN, Nicaragua. Geográficamente se sitúa entre las coordenadas 14°20'59.9" Latitud Norte y 83°52'18.3" Longitud Oeste (Mapa 1), con una elevación media de 34 msnm, y un relieve que varía de plano a ligeramente ondulado (2 - 15% de pendiente) (URACCAN, 2009).



Mapa 1. Macro-localización de la finca académica “Snaki”

Fuente: Watler (2009)

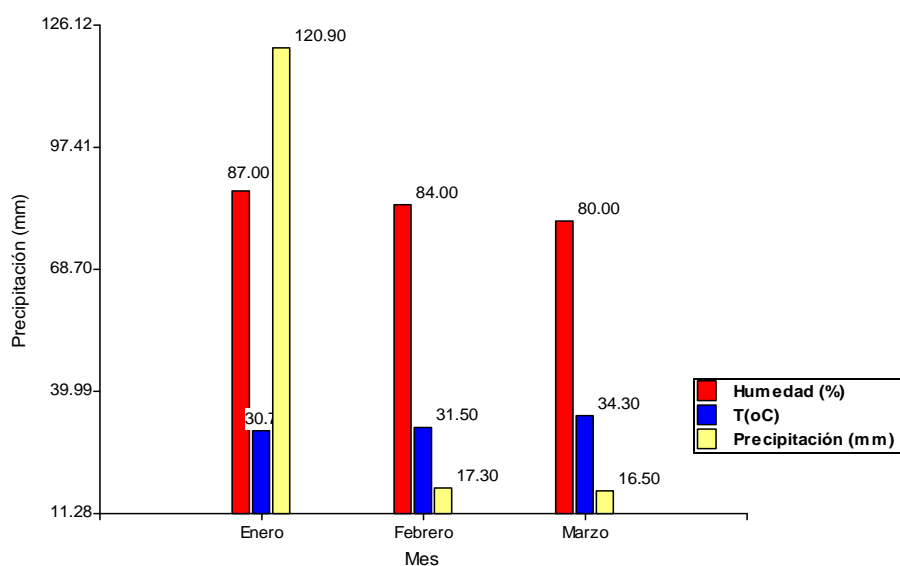
Distribución general de las 108.13 ha de la finca académica o experimental “Snaki”: 46.89 ha de bosque, 29.85 ha de vegetación arbustiva, 9.57 ha de vereda etnobotánica, 7.51 ha de pasto, 8.37 ha de agricultura, y 5.94 ha de frutales (URACCAN, 2009).

4.1.1 El suelo

Los suelos de la finca “Snaki” que incumbe a la parcela experimental, presentan una densidad aparente (D_a) de 0.84 - 1.18 g/cm³, textura superficial (< 20 cm) franco arenoso a franco y, sub-superficial (> 20 cm) arcillo arenoso a arenoso franco, pH entre 5.5 - 6.2, colores pardo oscuro (10YR) y pardos rojizos (5YR - 7.5R). Características físico-químicas que categorizan al suelo de moderada fertilidad, porosos, bien estructurados, poco compactos, de moderada humedad y moderadamente ácido; condiciones que favorecen la actividad microbiológica del suelo y la disponibilidad de la mayoría de los macro y micro-nutrientes (URACCAN, 2009).

4.1.2 El clima

Presenta una precipitación media anual de 2970 mm/año, los meses de marzo y abril corresponden a las menores precipitaciones, y junio - octubre a las mayores precipitaciones (> 300 mm), periodo donde se registra el 80% del total de la lluvia anual. Los meses más cálidos (abril – mayo) muestran un promedio de 27.5 °C, y los meses de diciembre - enero como los más frescos, con un promedio de 23.5 °C. Seguidamente se muestran las condiciones agrometeorológicas durante los meses del ensayo (Gráfico 1).



Gráfica 1. Condiciones agrometeorológicas durante los meses del ensayo
Fuente: INETER (2010)

4.2 Metodología del estudio

La metodología desarrollada fue organizada bajo tres etapas secuenciales y de orden cronológico:

Etapas 1. Pre-campo: concierne a la etapa básica del estudio. Etapa, donde se consumó la revisión, clasificación y análisis de la información secundaria, que dio origen a la elaboración, presentación y defensa del documento de anteproyecto o guía de investigación.

Etapas 2. Campo: consistió en la elaboración del cronograma de trabajo de campo por cada objetivo establecido, ajustado a los meses de enero, febrero y marzo del 2010, igualmente se procedió a la preparación del presupuesto y cronograma de actividades de campo y post-campo, incluyendo las actividades de selección, ubicación, medición y preparación de la parcela experimental; como la recolección y revisión de la información de campo.

Etapas 3. Post-campo o procesamiento de la información: consistió en el ordenamiento de la información de campo, seguido del procesamiento, análisis y discusión de los resultados por objetivos establecidos, hasta finalmente construir las medidas o recomendaciones, sobre la base de los resultados obtenidos; esto, con el propósito de contrarrestar los efectos negativos o bajos rendimientos del cultivo de frijol en las comunidades indígenas y mestizas de la región.

4.3 Tipo de estudio

El trabajo investigativo se realizó con base en un diseño experimental de repetición¹, aleatorización² y control local³, en términos de probabilidad,

¹ Repetición; porque proporciona una estimación del error experimental y obtiene una estimación precisa del efecto medio

² Aleatorización; porque el proceso de aleatorización (asignación de los tratamientos a las unidades experimentales) garantiza independencia en los errores. Los errores asociados con las unidades experimentales que están afectadas a espacio o tiempo, tienden a correlacionarse, y lo que hace la aleatorización es asegurar en parte la independencia.

³ Sinónimo de diseño experimental, el control local se refiere al balanceo, bloque y agrupamiento de las unidades experimentales que se utilizan en el experimento, aunque los tres términos son sinónimos cada uno explica algo referente a la unidad experimental.

debido a que se midieron y manipularon variables de tipo cuantitativas continuas (Mendiburu, 2007).

En términos generales, la investigación de tipo experimental permite determinar: a) el efecto de una variable independiente (llamada tratamiento) sobre una variable dependiente (rendimiento); b) los efectos diferenciales de las dos variables independientes (bloques, tratamientos) sobre las dependientes (variables establecidas en las etapas vegetativa y reproductiva); y finalmente c) permite comprobar el efecto conjunto de las variables independientes.

4.4 Universo y muestra

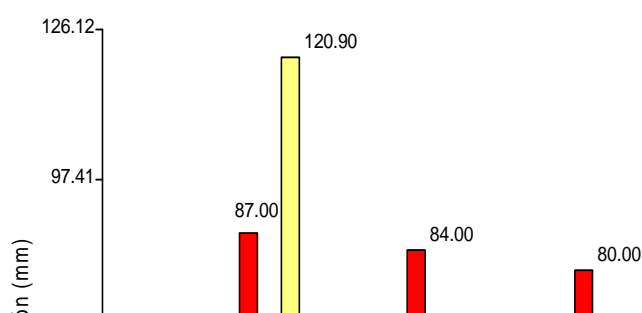
El universo lo constituyó el área experimental, la cual correspondió a una superficie de 428.75 m² (17.5 x 24.5 m), con una defensa externa de 2 m e interna de 1.5 m, una superficie de sub-parcela (P.E) de 14 m² (4 x 3.5 m) y parcela útil (P.U) de 4 m² (2 x 2 m) (Anexo 6).

En el caso del método de siembra al espeque, dentro de cada parcela se trazaron 6 surcos con 22 golpes por metro lineal, en cada golpe se depositaron 3 semillas; proporcionando una densidad por parcela de 396 plantas, para una población inicial de 2366 plantas. La distancia de siembra correspondió a 60 cm entre surcos y 15 cm entre planta. Para el caso de la siembra al voleo se tomó 5 manojos de semilla (1410 semillas aproximadamente), por parcela, la cual suministró un total de 8460 semillas, regadas en cada parcela, según el diseño experimental.

4.4.1 Unidades muestrales

Dentro del área experimental se tomaron 6 muestras por cada método, conformado un total de 12 muestras en 3 bloques respectivamente. En la parcela útil de cada sub-parcela se eligieron 10 plantas al azar, las que se evaluaron durante todo su ciclo agrícola.

Las evaluaciones se realizaron semanalmente (intervalo de 7 días inmediatamente de la siembra (DDS); esto, de acuerdo al sistema de fenofases descrita por El Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), la cual estableció una escala para poder diferenciar las etapas de



desarrollo del frijol, basada en la morfología de la planta y en los cambios fisiológicos que suceden durante el desarrollo. La escala permite puntualizar las observaciones y/o prácticas de manejo, o etapas del desarrollo fisiológico.

La identificación de cada etapa se hace con base en un código que consta de una letra y un número. La letra corresponde a la inicial de la fase a la cual pertenece la etapa particular. Es decir, V si pertenece a la fase vegetativa, o R si pertenece a la fase reproductiva. El número indica la posición de la etapa en la escala (Figura 6).

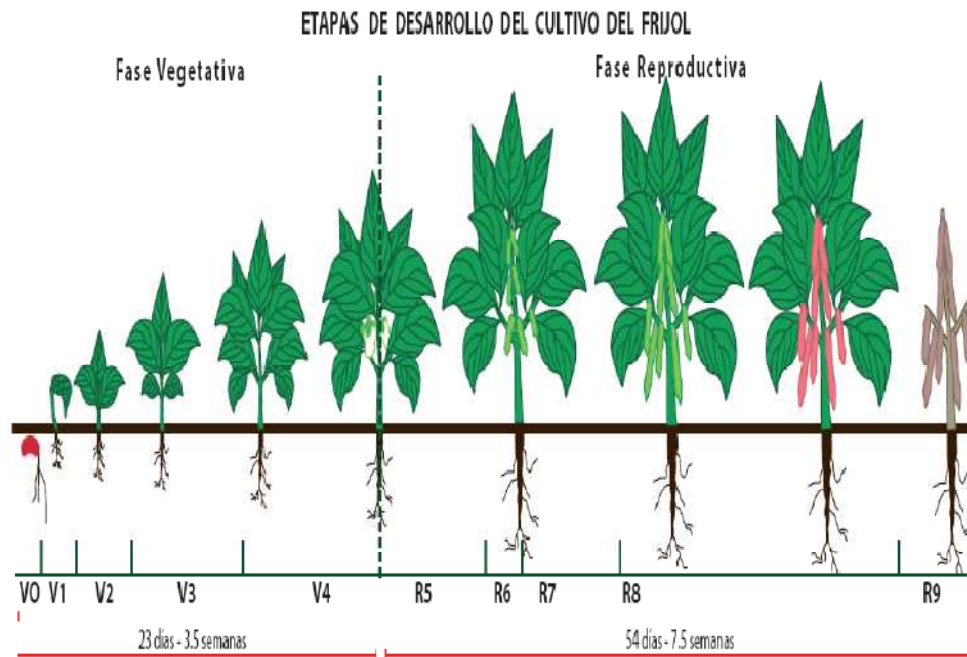


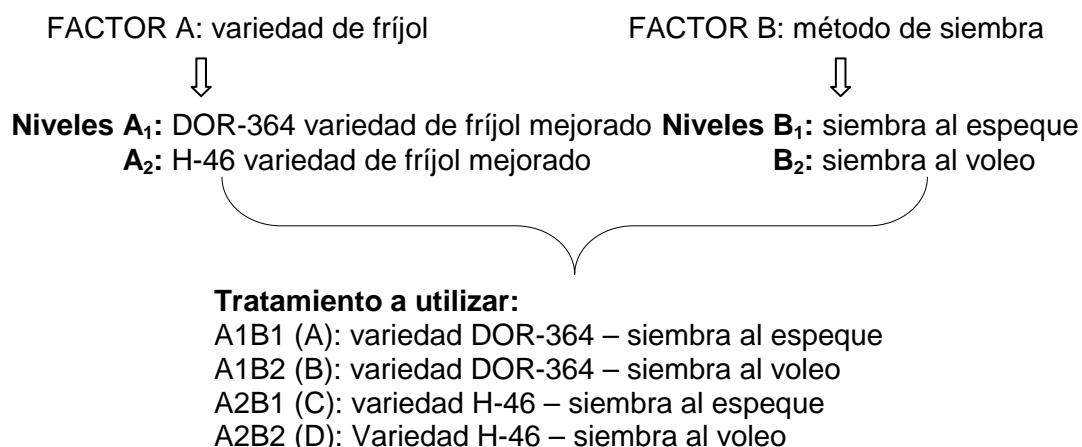
Figura 6. Etapa de desarrollo del cultivo de frijol

Fuente: CIAT (1984)

Etapa vegetativa: V0, etapa de germinación (5 DDS); V1, emergencia (5 - 7 DDS); V2, hojas primarias (7 - 11 DDS); V3, primera hoja trifoliada (11 - 16 DDS); V4, tercera hoja trifoliada (16 - 23). **Etapa reproductiva:** R5, prefloración (23 - 32 DDS); R6, floración (32 - 36 DDS); R7, formación de vainas (36 - 44 DDS); R8, llenado de vainas (44 - 62 DDS); y R9, maduración (62 - 75 DDS).

4.5 Diseño experimental

El ensayo fue un diseño bifactorial en bloques completos al azar (DBCA), con 4 tratamientos y 3 repeticiones. Se estudiaron 2 factores; el factor A, la cual corresponde a las dos variedades de frijol y el factor B, a dos métodos o sistema de siembra tradicional (Anexo 6), y fue analizado bajo un modelo lineal de DBCA, en inicio porque, el diseño no presentó las unidades experimentales adecuados y en segundo porque se pretendió analizar un factor por separado y, no el cambio de un factor según los niveles de los otros factores o su interacción. A continuación se sintetiza.



4.6 Variables a evaluar

1) **En la etapa vegetativa:** se tomó en cuenta el % germinativo de las dos variedades y, posteriormente en el crecimiento las variables: altura de la planta (cm), diámetro del tallo (mm) y número de hojas trifoliadas; las cuales se describen a continuación:

- Germinación:** a la par de la parcela experimental se estableció una parcela de 2 m², la cual contenía dos surcos cada uno de ellos con 100 semillas. Estas se evaluaron tomando en cuenta el número de plántulas de cada variedad a los 10 DDS (Anexo 7, Foto7).
- Altura (cm) de las plantas:** se midió con una cinta milimetrada, desde la base del tallo hasta la inserción de las hojas más tierna.

- c) *Diámetro (mm) del tallo*: se midió con verniere, desde los tres centímetros del nivel el suelo hasta la altura de la huella de los cotiledones.
- d) *Número de hojas por plantas (No. hojas/plantas)*: se verificó de manera visual, mediante el conteo de cada planta evaluada.

2) En la tapa reproductiva: en esta etapa se evaluó el desarrollo de la inflorescencia con las variables: número de flores por plantas, números de vainas por plantas, longitud de vainas por plantas y número de granos por vainas por plantas. En la etapa de la cosecha se tomo en cuenta como la variable principal el peso de las semillas o rendimiento (Anexo 4), las cuales se detallan a continuación.

- a) *Número de flores por plantas (No. flores/plantas)*: se efectuó mediante el conteo de cada planta evaluada de forma visual (una vez en estado de prefloración, R₅) hasta la formación de vainas, R₇), para determinar el números de futuras vainas formadas.
- b) *Número de vainas por plantas (No. vainas/plantas)*: se realizó mediante el conteo de forma visual desde la formación de las vainas hasta la maduración.
- c) *Longitud de vainas (cm) por plantas (long. vainas/plantas)*: se realizó una sola medición en el momento de la cosecha, desde el ápice hasta el pedicelo, la cual se utilizó una cinta milimetrada.
- d) *Número de granos por vainas por plantas (No. granos/vainas/plantas)*: se efectuó en el momento de la cosecha a través del conteo de granos por vainas de forma manual, obteniéndose el promedio de granos por vainas por tratamientos.
- e) *Peso de la semilla*: una vez desgranada las vainas se tomaron en cuenta únicamente las vainas de la parcela útil (P.U), las cuales fueron pesadas en una balanza electrónica; determinando de esta forma, el rendimiento (g/P.U) del número de plantas en la P.U, por bloques, tratamientos y repeticiones (Anexo 4a).

4.6 Análisis estadístico

Se utilizó el estadístico no paramétrico Kruskal Wallis⁴, con un nivel de significancia de 0.05, para el análisis de las características morfológica de las etapas vegetativa y reproductiva; y el análisis de varianza (ANAVA⁵) para la evaluación de la variable rendimiento, esto, con el propósito de probar las hipótesis de medias de la población en estudio y/o de cada uno de los tratamientos del experimento. Los datos fueron procesados en el programa estadísticos InfoStat, versión estudiante 2010, y los programas Excel y Microsoft Word, versión 2007.

4.7 Manejo agronómico

El manejo agronómico consistió en llevar a cabo las siguientes labores tradicionales agrícolas establecidas para el cultivo de frijol:

- a) Selección de la semilla
- b) Ubicación del sitio, para el ensayo experimental
- c) Medición del área
- d) Limpieza del terreno
- e) Cercado del área
- f) Montaje del diseño
- g) Preparación del suelo
- h) Rotulación de bloques
- i) Siembra (métodos tradicionales)
- j) Mantenimiento del cultivo (plagas y enfermedades y control de malezas)
- k) Cosecha
- l) Post-cosecha

⁴ Permite realizar un análisis de varianza no paramétrico a una vía de clasificación. El ANAVA propuesto por Kruskal y Wallis (1952) permite comparar las esperanzas de 2 o más distribuciones sin necesidad de realizar el supuesto de que los términos de error se distribuyen normalmente. La hipótesis nula establece que $\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_a$, donde μ_i representa la esperanza del i -ésimo tratamiento, con $i=1, 2, \dots, a$. Esta prueba se aplica cuando se tienen muestras independientes de cada población, con observaciones de naturaleza continua y las varianzas poblacionales son iguales.

⁵ El método es recomendado para datos con distribución normal y matrices de covarianza esférica, homogéneos entre grupos. En experimentos con fines comparativos, usualmente se realiza la aplicación de varios tratamientos a un conjunto de unidades experimentales para valorar y comparar las respuestas obtenida bajo cada tratamiento.

5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Caracterización del método de siembra tradicional (al voleo y al espeque)

Concierne al objetivo primero del estudio:

Objetivo 1. Caracterizar los métodos de siembra tradicional establecidos en el diseño experimental.

5.1.1 Descripción de las labores agrícolas durante el montaje de la parcela experimental

Las labores agrícolas establecidas al diseño experimental fue una réplica de las labores tradicionales efectuadas por las comunidades de la RAAN, en especial de los comunitarios indígenas y colonos (mestizos) del municipio de Waspam, con la única variante, que fue acoplado a un experimento DBCA. En seguida se describen las labores agrícolas:

- a) Selección de la semilla: las variedades DOR-364 y H-46 correspondieron a una semilla mejorada, según autorización del MAGFOR de la delegación municipal de Puerto Cabezas, RAAN.
- b) Ubicación del sitio (ensayo experimental): establecida en la finca académica “Snaki”. El área seleccionada exhibió una topografía con pendiente plana (< 2%) y con acceso a agua (Anexo 7, Foto 1).
- c) Medición del área: se constituyó una superficie experimental de 428.75 m², efectuado con una cinta métrica y señalizada con estacas (Anexo 7, Foto 2).
- d) Limpieza del terreno: la actividad se realizó de forma manual, la cual consistió en la eliminación total de tocones (troncos) y vegetación arbustiva (método al espeque), y para el caso del método al voleo, inicialmente se realizó una eliminación parcial de la maleza, y posterior a la siembra su chapia que luego sirvió de cobertura muerta. Las herramientas utilizadas fueron; machetes, azadones, rastrillos, palas, hachas, entre otras (Anexo 7, Fotos 2 y 3).

- e) Cercado del área: se utilizó postes de madera rustica y alambre de púas, para evitar el paso de los animales al área experimental.
- f) Montaje del diseño: se recurrió a estacas de 10 cm, cinta métrica y lienzas, para cuadrar las parcelas y área útil, según diseño (Anexo 6).
- g) Preparación del suelo: inicialmente se efectuó una desinfección natural del suelo, que consistió en una rosa total (método al espeque) y rosa parcial (método al voleo) del matorral dejándolo a cielo abierto por 4 días soleado, seguido el desbasurado y carrileo.
- h) Rotulación de bloques: se estableció para identificar cada sub-parcela dentro de las parcelas, según tratamientos (Anexo 7, Fotos 4 y 5).
- i) Siembra (métodos tradicionales): fue al voleo y al espeque, donde a cada parcela se establecieron al azar los tratamientos (variedades versus métodos de siembra) y la cantidad de semillas a utilizar (Anexo 7, Fotos 8 y 9).
- j) Manejo del cultivo (plagas y enfermedades y control de malezas): durante todo el ciclo del cultivo se observó y registró cualquier alteración de plagas o enfermedades, con el propósito de controlar a tiempo y/o prevenir la caída del cultivo y por ende el experimento. El manejo de plagas y enfermedades tuvo un carácter preventivo con control cultural, desde la selección de la semilla (mejorada), en la limpieza y/o eliminación de hospedero en el terreno. El control de malezas inicio desde el primer día hasta la cosecha; el machete fue la herramienta utilizada, para evitar en lo posible daños al cultivo.
- k) Cosecha: inicio con el arranque de las plantas llegada a su madurez fisiológico, que es cuando el 90% de las vainas habían cambiado a color amarillo por vejez o se habían caído en su mayoría (Anexo 7, Foto 11); posteriormente se realizó el pre-secado de vainas o secado del frijol en el campo durante 3 - 4 días (Anexo 7, Foto 12); seguido el aporreo, que consistió en golpear las matas secas con un bastón de madera para que las vainas se abrieran y liberaran los granos y, finalmente el transporte de los granos a la caseta de la finca.

- l) Post-cosecha: consistió en el secado natural del grano al sol abierto, para bajar la humedad a 14%, consecutivamente se procedió a limpiar y pesar el grano en g/P.U.

5.1.2 Labores del método al voleo y al espeque

Las labores de siembra al voleo y al espeque, que a continuación se señalan corresponden a la siembra tradicional efectuadas por las comunidades del Río Coco, del municipio de Waspam, RAAN.

- a) **Siembra al voleo:** las labores del método empieza con la eliminación parcial de la vegetación o matorral y limpieza de tocones (troncos) de los arboles tumbados por el huracán Félix, dentro del área de la parcela experimental (Anexo 6). Posteriormente se dejó la maleza cortada por 4 días soleados, con el propósito de desinfectarla naturalmente, una vez culminado los 4 días se procedió a lanzar sobre la maleza las semillas en cada parcela, utilizando 5 manojos de semillas en cada parcela (aproximadamente 1410 semillas); finalmente, la maleza fue cortada, picada y tapada con función de cama de siembra (Anexo 7, Foto 9).
- b) **Siembra al espeque:** al igual que la siembra al voleo, esta inicio con la chapia y/o eliminación dentro de la parcela experimental (428.75 m²) de toda la maleza y tocones existente, dejándola por 4 días soleados como una labor para su desinfección natural; seguidamente se procedió a la distribución de los residuos de la maleza por toda la parcela de forma uniforme, esto, con el propósito de formar una capa de materia en descomposición (Mulch). Posterior a estas actividades se efectuó la siembra directa, que consistió en roturar el suelo con una vara de madera con punta, para luego depositar de 3 - 4 semillas por golpe u hoyo, con espaciamiento de 15 cm entre golpes de siembra y 40 - 60 cm entre surcos (Anexo 7, Foto 8).

En ambos métodos de siembra las unidades experimentales se agruparon en grupos homogéneos llamados bloques, en cada bloque se tuvo un número de unidades iguales al número de tratamientos (bloques completos). Los tratamientos fueron distribuidos al azar en cada bloque, y el número de repeticiones fue igual al número de bloques por tratamiento.

5.2 Análisis de las características morfométricas en las diferentes etapas del cultivo (vegetativa y reproductiva)

Concierne al objetivo segundo del estudio:

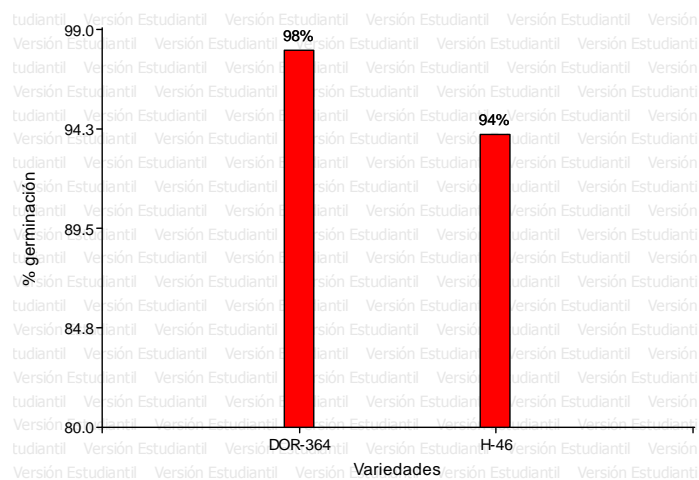
Objetivo 2. Analizar las características morfométricas de la etapa vegetativa y reproductiva.

El análisis de la etapa vegetativa (germinación, emergencia y crecimiento) y reproductiva (floración, fructificación y cosecha); concierne a dos momentos de comparación: la primera, a una descripción morfométrica y la segunda, a la prueba o contraste no paramétrico del estadístico Kruskal Wallis. Efectuando para ambas etapas la prueba de normalidad de Shapiro-Wilks (modificado) (Anexo 8b, Cuadros 3 y 4).

5.2.1 Etapa vegetativa

5.2.1.1 Germinación (0 - 10 DDS, V0 y V1)

La germinación es un proceso conformado por dos momentos o tipos: la germinación hipogea, que presentan los cotiledones debajo del suelo; y la epigea; cuando los cotiledones se elevan sobre la superficie del suelo. Para el caso particular del cultivo, este, inicia a los 7 DDS (V0, V1) y finaliza a los 15 o 16 días para su germinación total (V3). A continuación se muestra el porcentaje de germinación de las variedades DOR-364 y H-46 (Anexo 7, Fotos 6 y 7), que fueron estimadas a los 10 DDS (Gráfico 2).



Grafica 2. Porcentaje germinativo de las dos variedades

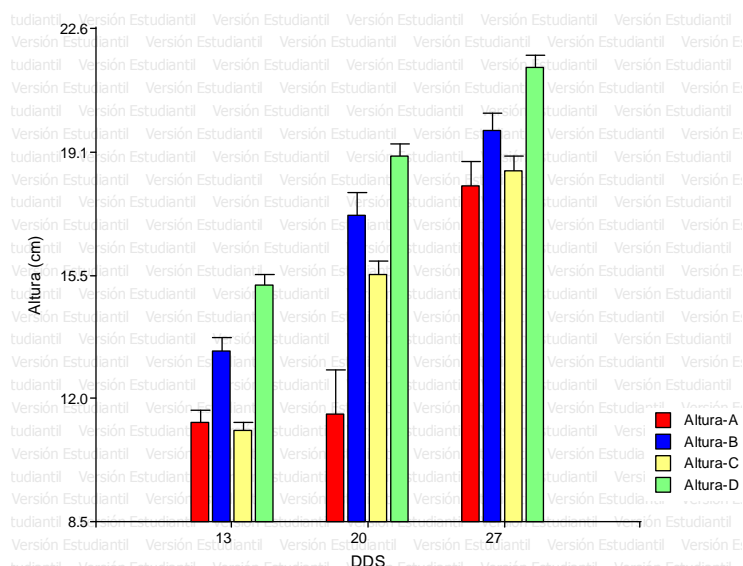
La prueba germinativa para las dos variedades en estudio, presentaron una alta viabilidad en la semilla (Gráfico 2).

5.2.1.2 Emergencia (13 DDS, V2) y crecimiento (20 y 27 DDS, V3 y V4)

Las variables evaluadas del periodo de emergencia y crecimiento (V2, V3 y V4) fueron; altura (cm), diámetro (mm) y No. hojas/plantas.

5.2.1.2.1 Descripción morfométrica de la variable altura (cm)

El comportamiento de la variable para los periodos 13, 20 y 27 DDS, en cada tratamiento fue el siguiente (Gráfico 3).



Gráfica 3. Comportamiento de la variable altura (cm) para los periodos 13, 20 y 27 DDS, según tratamientos

En el Gráfico 3 se aprecia que la altura bajo tratamiento D (A2B2) para los periodos evaluados (13, 20 y 27 DDS) presentan las mejores medias; seguido del tratamiento B (A1B2). En lo que concierne al momento fisiológico de la plántula (13 DDS), los tratamientos A (A1B1) y C (A2B1), muestran iguales comportamientos de medias; no obstante, esta apreciación puede ser relativa, debido a que simboliza la viabilidad de la semilla en relación a las condiciones edafoclimáticas establecidas. Asimismo se visualiza que a partir de los 20 DDS hay un repunte en el tratamiento C (A2B1) en relación al tratamiento A (A1B1) y, a los 27 DDS

los tres primeros tratamientos (A, B y C) presentan una semejanza de medias en la variable altura, siempre despuntando el tratamiento D.

Los valores graficados manifiestan medias altas por cada tratamiento; las cuales, puedan deberse a las labores agrícolas establecidas, como por ejemplo; la preparación del suelo (desinfección natural), densidad de siembra, suministro continuó de agua, control permanente de maleza, entre otras labores.

5.2.1.2.2 Prueba estadística

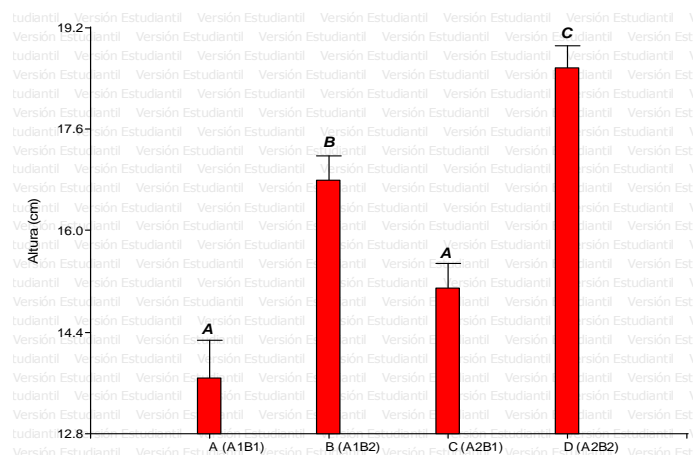
Para observar diferencias estadísticas de la variable altura en los distintos periodos evaluados (13, 20 y 27 DDS), por tratamientos se realizó la prueba Kruskal-Wallis, con un nivel de significancia del 0.05 (Cuadro 8).

Cuadro 8. Prueba de Kruskal Wallis para la variable altura (cm)

Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	Promedio rangos	gl	C	H	p
Altura	A (A1B1)	90	13.68	5.58	14.70	139.91	3	1.00	53.34	<0.0001
Altura	B (A1B2)	90	16.76	3.80	17.20	193.55				
Altura	C (A2B1)	90	15.09	3.56	15.00	148.33				
Altura	D (A2B2)	90	18.54	3.17	18.85	240.21				

Trat.	Ranks
A (A1B1)	139.91 A
C (A2B1)	148.33 A
B (A1B2)	193.55 B
D (A2B2)	240.21 C

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)



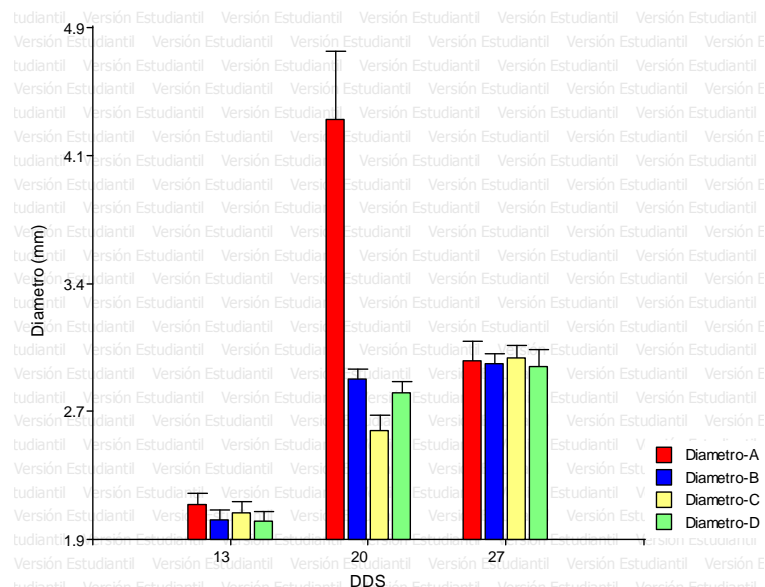
Grafica 4. Altura (cm) vs tratamientos

La prueba mostró diferencia estadística en la variable altura versus los tratamientos ($p < 0.0001$); despuntando el tratamiento D, con las mayores medias (240.21).

Sobre la base de los valores obtenidos en el Cuadro 8 e ilustrado en el Gráfico 4, podemos afirmar con un nivel de confiabilidad del 95% que el tratamiento A (A1B1) y C (A2B1) son estadísticamente iguales y, que los tratamientos B (A1B2) y D (A2B2) son diferentes entre sí, y estos a los demás tratamientos.

5.2.1.2.3 Descripción morfométrica de la variable diámetro (mm)

El comportamiento mostrado fue el siguiente (Gráfico 5).



Gráfica 5. Comportamiento de la variable diámetro (mm) para los periodos 13, 20 y 27 DDS, según tratamientos

El Gráfico 5, muestra similitudes diamétricos en los cuatro tratamientos para los periodos 13 y 27 DDS, a excepción del periodo 20 DDS, donde despunta la media del tratamiento A (A1B1).

5.2.1.2.4 Prueba estadística

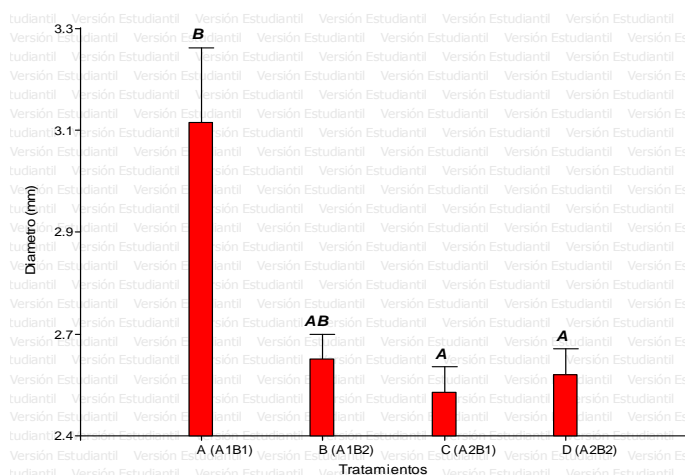
La variable mostró el siguiente resultado:

Cuadro 9. Prueba de Kruskal Wallis para la variable diámetro (mm)

Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	Promedio rangos	gl	C	H	p
Diámetro A (A1B1)		90	3.14	1.59	3.00	207.66	3	0.88	8.84	0.0187
Diámetro B (A1B2)		90	2.61	0.51	3.00	178.08				
Diámetro C (A2B1)		90	2.53	0.53	2.50	165.51				
Diámetro D (A2B2)		90	2.57	0.56	2.50	170.74				

Trat.	Ranks
C (A2B1)	165.51 A
D (A2B2)	170.74 A
B (A1B2)	178.08 A B
A (A1B1)	207.66 B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)



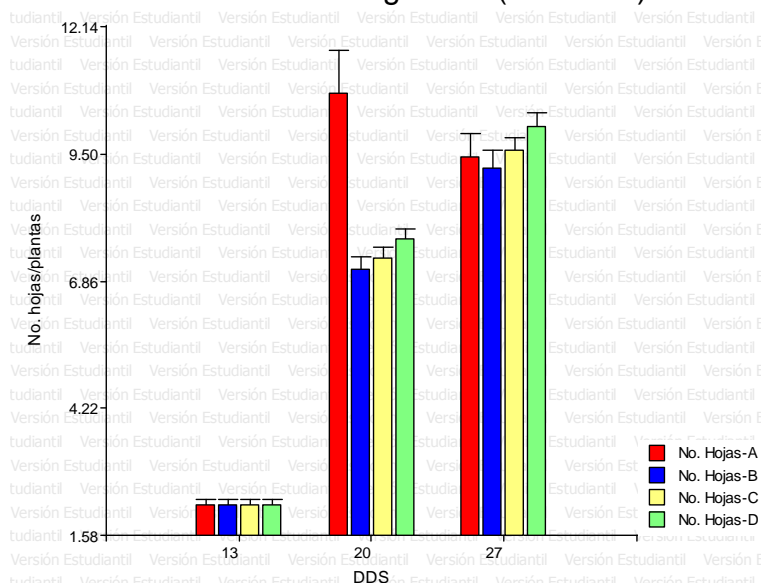
Gráfica 6. Diámetro (mm) vs tratamientos

La prueba de Kruskal Wallis mostró diferencias entre medias de la variable diamétrica versus tratamientos ($p=0.0187$), siendo el tratamiento A (A1B1) el de mayor valor de medias (207.66).

Estos valores obtenidos e ilustrados en la Gráfico 6, afirman con un 95% de confiabilidad que los tratamientos B (A1B2), C (A2B1), y D (A2B2) son estadísticamente iguales, y que difieren del tratamiento A (A1B1). Los resultados ponen de manifiesto, que la variedad diamétrica tuvo efecto entre los tratamientos, lo que posiblemente se deban a las labores agrícolas establecidas, destacándose el control continuo de malezas y el suministro de agua.

5.2.1.2.5 Descripción morfológica de la variable No. hojas/plantas

El comportamiento mostrado fue el siguiente (Gráfico 7).



Gráfica 7. Comportamiento de la variable No. hojas/plantas para los periodos 13, 20 y 27 DDS, según tratamientos

De manera generalizada se muestra un comportamiento similar en cada periodo, con una leve diferencia de medias en el periodo 20 DDS para el tratamiento A (A1B1). De acuerdo a las observaciones de campo, esta leve diferencia, probablemente se deba a las mayores caídas de las hojas por efecto del viento y al marchitamiento provocado por la luz solar en los tratamientos B (A1B2), C (A2B1) y D (A2B2) (Gráfico 7).

5.2.1.2.6 Prueba estadística

Los resultados de la variable fue el siguiente:

Cuadro 10. Prueba de Kruskal Wallis para la variable No. hojas/plantas

Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	Promedio rangos	gl	C	H	p
No. hojas/plantas A (A1B1)	90	7.47	4.98	8.00	190.54	3	0.92	2.39	0.4547	
No. hojas/plantas B (A1B2)	90	6.17	3.30	8.00	168.98					
No. hojas/plantas C (A2B1)	90	6.37	3.32	8.00	176.06					
No. hojas/plantas D (A2B2)	90	6.67	3.51	8.00	186.41					

La prueba no reveló diferencias estadísticas significativas entre medias de la variable No. hojas/plantas versus tratamientos ($p=0.4547$); lo cual

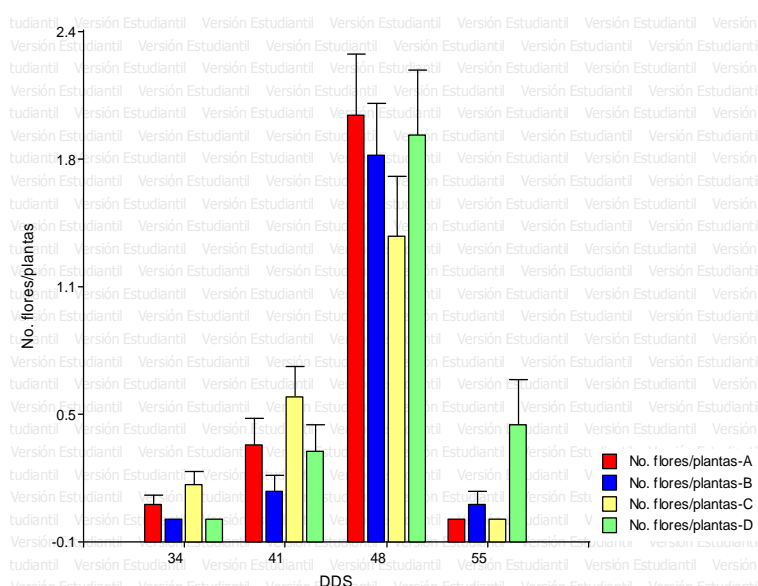
indican que la caída de las hojas y al marchitamiento presentado se debió a un proceso normal del cultivo. Asimismo se pone de manifiesto que independiente del crecimiento de las plantas en altura y diámetro, estas presentan las mismas cantidades de hojas por plantas.

5.2.2 Etapa reproductiva

Para el proceso de análisis de la etapa reproductiva se evaluaron cuatro variable: No. flores/plantas (R5 y R6); No. vainas/plantas (R7), long. vainas/plantas (R8) y No. granos/vainas/plantas (R9). Los intervalos de tiempo fueron: 34, 41, 48, 55 y 70 DDS. En seguida se analiza el comportamiento de cada variable a través de la caracterización morfométrica y la prueba no paramétrica del estadístico Kruskal Wallis.

5.2.2.1 Variables; No. flores/plantas, No. vainas/plantas, long. vainas/plantas y No. granos/vainas/plantas

5.2.2.1.1 Descripción morfométrica de la variable No. flores/plantas



Grafica 8. Comportamiento de la variable No. flores/plantas para los periodos 34, 41, 48 y 55 DDS, según tratamientos

El Gráfico 8, muestra que el periodo de máximo desarrollo floral fue a los 48 DDS. Posterior a este periodo floral se observa una disminución en la

formación de flores por plantas (55 DDS). En este periodo se destacó el manejo agronómico anticipado o preventivo como fue; la utilización de semilla mejorada libre de patógenos, el uso de una variedad resistente a plagas y enfermedades, y el control continuo de malezas; actividades que seguramente previno la bacteriosis en las hojas y tallos.

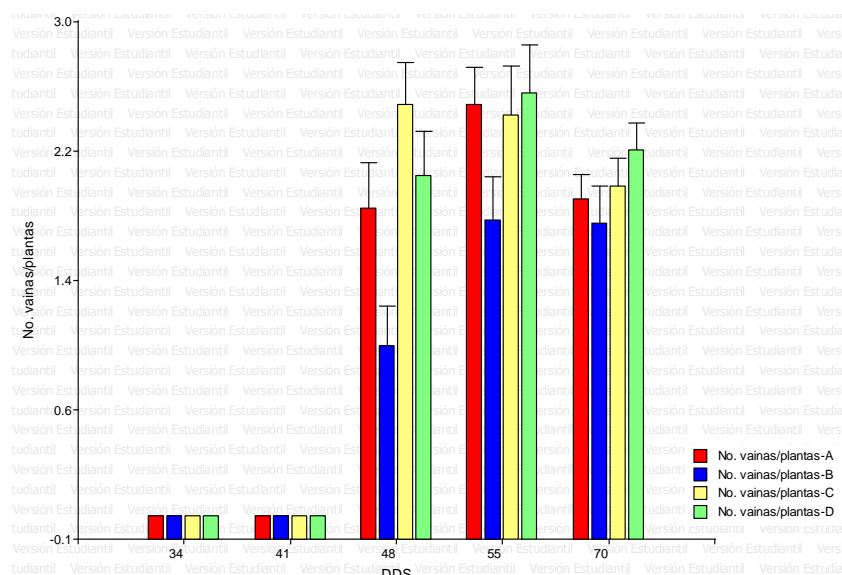
5.2.2.1.2 Prueba estadística

Cuadro 11. Prueba de Kruskal Wallis para la variable No. flores/plantas

Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	Promedio rangos	gl	C	H	p
No. flores/plantas	A (A1B1)	120	0.61	1.21	0.00	241.40	3	0.59	0.71	0.7544
No. flores/plantas	B (A1B2)	120	0.50	1.06	0.00	231.56				
No. flores/plantas	C (A2B1)	120	0.54	1.07	0.00	244.74				
No. flores/plantas	D (A2B2)	120	0.68	1.34	0.00	244.30				

La prueba no mostro diferencias estadística de medias en la variable.

5.2.2.1.3 Descripción morfométrica de la variable No. vainas/plantas



Grafica 9. Comportamiento de la variable No. vainas/plantas para los periodos 34, 41, 48, 55 y 70 DDS, según tratamientos

La formación de vainas inicio a los 48 DDS (Anexo 7, Foto 10), despuntando el tratamiento C (A2B1), en relación a los demás tratamientos. Del mismo modo, a los 55 y 70 DDS se observa entre los

tratamientos A (A1B1), C (A2B1) y D (A2B2) una semejanza en la cantidad de vainas formadas por plantas, no así, en el tratamiento B (A1B2) (Gráfico 9). Una comparación visual del Gráfico 8 y 9, en los tratamientos A (A1B1) y D (A2B2) exponen una relación en la formación de flores por plantas con la cantidad de vainas por plantas.

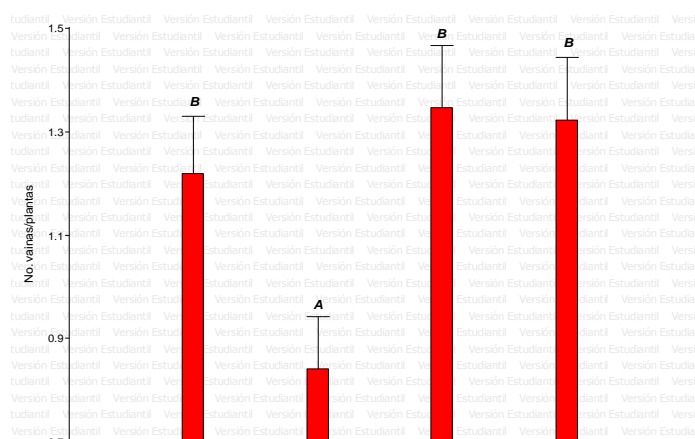
5.2.2.1.4 Prueba estadística

Cuadro 12. Prueba de Kruskal Wallis para la variable No. vainas/plantas

Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	Promedio rangos	gl	C	H	p
No. vainas/plantas	A (A1B1)	147	1.24	1.41	1.00	296.07	3	0.8	10.5	0.0073
No. vainas/plantas	B (A1B2)	138	0.85	1.24	0.00	250.89				
No. vainas/plantas	C (A2B1)	148	1.38	1.54	1.00	307.53				
No. vainas/plantas	D (A2B2)	147	1.35	1.54	1.00	304.97				

Trat.	Ranks
B (A1B2)	250.89 A
A (A1B1)	296.07 B
D (A2B1)	304.97 B
C (A2B2)	307.53 B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

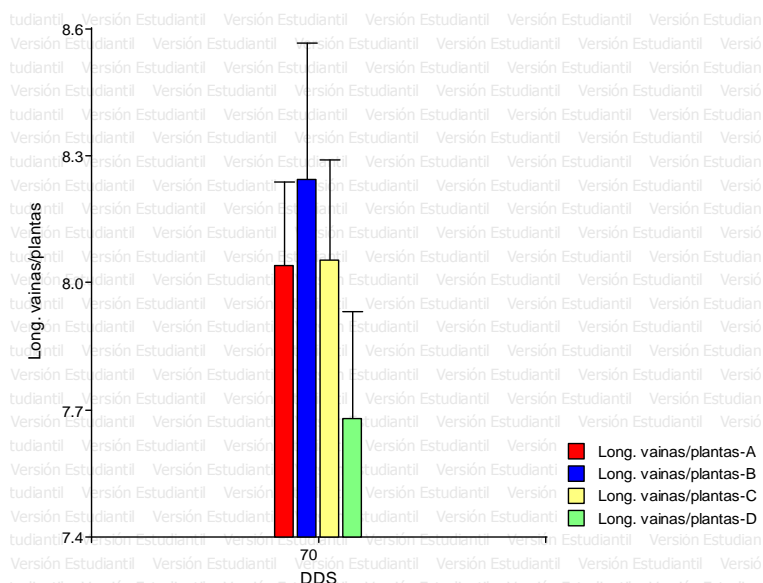


Gráfica 10. No. vainas/plantas vs tratamientos

La prueba muestra diferencias estadísticas entre el tratamiento B (A1B2), con los demás tratamientos A (A1B1), C (A2B1) y D (A2B2), prevaleciendo los dos últimos tratamientos (C y D). Es decir, la variedad DOR-364 con siembra al voleo expuso menos número de vainas por

plantas, que la misma variedad sembrada al espeque y que la variedad H-46 sembrada por ambos métodos (Gráfico 10).

5.2.2.1.5 Descripción morfométrica de la variable long. vainas/plantas



Gráfica 11. Comportamiento de la variable long. vainas/plantas (cm) para el periodo 70 DDS, según tratamientos

El Gráfico 11 modelo igualdad de comportamiento en los tratamientos A (A1B1) y C (A2B1), con un despuntado del tratamiento B (A1B2), en relación al tratamiento D (A2B2). Para este periodo las labores agrícolas que prevalecieron fueron: el control de malezas de forma manual y el suministro de agua.

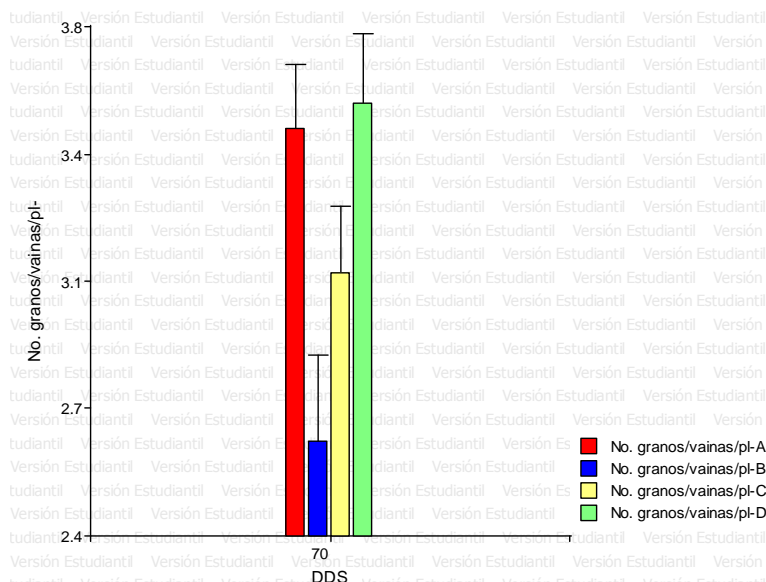
5.2.2.1.6 Prueba estadística

Cuadro 13. Prueba de Kruskal Wallis para la variable long. vainas/plantas

Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	Promedio rangos	gl	C	H	p
Long. vainas/plantas A (A1B1)		27	8.03	1.02	8.00	51.93	3	1.0	2.8	0.4222
Long. vainas/plantas B (A1B2)		18	8.23	1.36	8.35	56.00				
Long. vainas/plantas C (A2B1)		28	8.04	1.24	8.05	52.98				
Long. vainas/plantas D (A2B2)		27	7.67	1.31	7.70	42.83				

La prueba estadística no encontró diferencias en la variable long. vainas/plantas; aunque en el Gráfico 11 se observa una desigualdad considerable de medias entre los tratamientos B (A1B2) y D (A2B2).

5.2.2.1.7 Descripción morfométrica de la variable No. granos/vainas/plantas



Grafica 12. Comportamiento de la variable No. granos/vainas/pl- para el periodo 70 DDS, según tratamientos

La distribución de medias de la variable No. granos/vainas/plantas versus tratamientos, exhibe que los tratamientos A (A1B1) y D (A2B2) presentan las mejores medias en relación a los tratamientos B (A1B2) y C (A2B1).

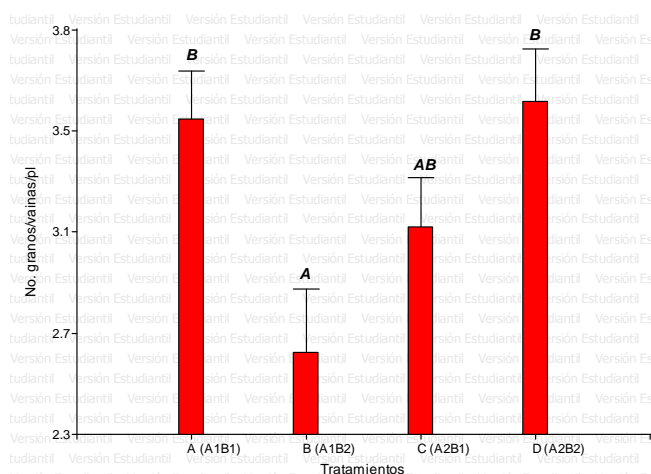
5.2.2.1.8 Prueba estadística

Cuadro 14. Prueba de Kruskal Wallis para la variable No. granos/vainas/plantas

Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	Promedio rangos	gl	C	H	p
No. granos/vainas/pl-	A (A1B1)	30	3.50	0.97	3.00	70.00	3	0.9	11	0.0067
No. granos/vainas/pl-	B (A1B2)	30	2.63	1.30	2.50	45.15				
No. granos/vainas/pl-	C (A2B1)	30	3.10	0.99	3.00	56.23				
No. granos/vainas/pl-	D (A2B2)	30	3.57	1.07	3.00	70.62				

Trat.	Ranks
B (A1B2)	45.15 A
C (A2B1)	56.23 A B
A (A1B1)	70.00 B
D (A2B2)	70.62 B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)



Gráfica 13. No. granos/vainas/plantas vs tratamientos

De acuerdo a los resultados del Cuadro 14 y Gráfico 13, los tratamientos A (A1B1) y D (A2B2), es decir, la variedad DOR-364 sembrada al espeque y la variedad H-46 sembrada al voleo presentan las mayores cantidades de granos por vainas por plantas, con promedios de 70 y 70.62; seguido el tratamiento C (A2B1) o variedad H-46 sembrada al espeque, con promedio de 56.23; tratamiento que no ostenta diferencia estadística con los tratamientos A (A1B1) y D (A2B2). Sobre la base de la comparación de medias, los tres tratamientos mencionados, podrían ser los recomendados, debido a que entre ellos no existe diferencia estadística significativa; no obstante, los promedios permiten seleccionar a los tratamientos A (A1B1) y D (A2B2).

En base a los promedios de la variable No. granos/vainas/plantas, podemos pronosticar que los mayores rendimientos se prevén obtener en los tratamientos A (A1B1) y D (A2B2), siempre y cuando las actividades de post cosecha se efectúen sin el menor riesgo posible, tales como: pre secado, aporreo, secado y almacenamiento.

5.3 Evaluación del rendimiento de las variables mejoradas DOR-364 y H-46, bajo diseño experimental DBCA

Concierne al tercer objetivo del estudio:

Objetivo 3. Evaluar el rendimiento de las variedades DOR-364 y H-46, bajo el diseño experimental DBCA.

5.3.1 Análisis de ANAVA de la variable rendimiento, según el DBCA

El análisis de ANAVA pretende comparar el rendimiento en peso del grano (g/P.U) (Anexo 4 y 4a) en cuatro tratamientos: A (A1B1), B (A1B2), C (A2B1) y D (A2B2), bajo un diseño DBCA.

Para la realización del análisis de ANAVA en la variable rendimiento se estableció y valoró: 1) al modelo lineal matemático; 2) las hipótesis del diseño de bloques, de tratamientos e hipótesis de los contrastes ortogonales del experimento entre tratamientos; 3) el análisis de la varianza y prueba de diferencias de medias entre tratamientos o comparaciones múltiples de Duncan, Tukey y LSD Fisher; 4) verificación de los supuestos del diseño experimental (independencia de las unidades experimentales de los errores, el supuesto de aditividad de los efectos involucrados en el modelo, el supuesto de normalidad de los residuos o variables aleatorias y el supuesto de homocedasticidad o igualdad de varianzas⁶); finalmente, la implicancia de los resultados de la variable rendimiento. En seguida se detallan cada aspecto del ANAVA.

5.3.1.1 Modelo lineal matemático del diseño experimental

$$REND_{ij} = \mu + T_i + B_j + \varepsilon_{ij} \quad (\text{ec. 5.3.1.1 } 1)$$

$REND_{ij}$ = rendimiento en el i-esimo bloque del j-esimo tratamiento

μ = media general

T_i = el efecto del i-esimo tratamiento

B_j = el efecto de j-esimo bloque

⁶ Es decir, el bloqueo o agrupamiento del material experimental debe ser tal que, las unidades experimentales dentro de un bloque sean tan homogéneas como sea posible y los bloques deben diseñarse para que las diferencias entre unidades experimentales sean explicadas, en mayor proporción, por las diferencias entre bloques

ε_{ij} = error aleatorio asociado a la observación ij-esima. Independiente $\sim N(0, \sigma^2)$

5.3.1.2 Hipótesis de bloques y tratamientos

H_0 : $B_I = B_{II} = B_{III}$

H_1 : al menos un par de bloques difieren

H_0 : $\mu_A (A1B1) = \mu_B (A1B2) = \mu_C (A2B1) = \mu_D (A2B2)$

H_1 : al menos un par de medias de los tratamientos difieren... esto se descompone en las hipótesis de contrastes ortogonales entre tratamientos:

a)

H_0 : $\mu_A (A1B1) = [\mu_B (A1B2) + \mu_C (A2B1) + \mu_D (A2B2)]/3$

H_1 : $\mu_A (A1B1) \neq [\mu_B (A1B2) + \mu_C (A2B1) + \mu_D (A2B2)]/3$

b)

H_0 : $\mu_B (A1B2) = [\mu_C (A2B1) + \mu_D (A2B2)]/2$

H_1 : $\mu_B (A1B2) \neq [\mu_C (A2B1) + \mu_D (A2B2)]/2$

c)

H_0 : $\mu_C (A2B1) = \mu_D (A2B2)$

H_1 : $\mu_C (A2B1) \neq \mu_D (A2B2)$

En Anexo 8a se especifican las hipótesis de los contrastes⁷ ortogonales.

5.3.1.3 Análisis de varianza

5.3.1.3.1 Análisis de la varianza para un diseño en bloque

Los resultados del análisis de la varianza para el ajuste del diseño en la variable rendimiento se muestra a continuación:

Cuadro 15. Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento	12	0.89	0.79	19.94

Son 12 los datos evaluados en la unidad experimental (N) para la variable rendimiento, de las cuales 0.89, es decir, el 89% de los datos se ajusta al modelo lineal establecido (ec. 5.3.1.1 1); asimismo, el valor del coeficiente

⁷ Un contraste es definido como una combinación lineal de los parámetros del modelo (Montgomery, 1991). Si se desea plantear más de un contraste, para que las comparaciones sean independientes unas de otras, los contrastes deberán ser **ortogonales** para un DBCA. Los contrastes permiten hacer comparaciones entre medias planeadas previamente al análisis de la varianza.

de variación ($CV = 19.94$), indica una poca variabilidad en los datos, revelando un buen control en el diseño experimental (Cuadro 15).

Para validar las hipótesis de bloques y de tratamientos se realizó el análisis de la varianza (SC tipo III), la cual presentó el siguiente resultado:

Cuadro 16. Análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6886.41	5	1377.28	9.49	0.0081
Bloques	3964.62	2	1982.31	13.67	0.0058
Tratamientos	2921.79	3	973.93	6.71	0.0241
Error	870.37	6	145.06		
Total	7756.78	11			

De acuerdo a los resultados del Cuadro 16, en la hipótesis de bloques se rechaza la H_0 : igualdad de bloques ($p=0.0058$), lo que significa que al menos un par de bloques difieren estadísticamente. Para la hipótesis de tratamientos, igualmente se rechaza la H_0 : igualdad de tratamientos ($p=0.0241$), revelando que al menos un par de medias entre tratamientos difieren estadísticamente. Las hipótesis entre tratamientos o hipótesis de interés del estudio expresa que el DBCA tuvo efecto ($p=0.0241$), haciendo eficiente el modelo lineal establecido (ec. 5.3.1.1 1). Posteriormente se examinaron los contrastes ortogonales entre tratamientos, con el propósito de observar diferencias entre ellos (Cuadros 17 y 18).

Cuadro 17. Contrastes ortogonales entre tratamientos

Tratamientos	SC	gl	CM	F	p-valor
A (A1B1) vs B (A1B2) C (A2B1) D (A2B2)	476.69	1	476.69	3.29	0.1198
B (A1B2) vs C (A2B1) D (A2B2)	1701.39	1	1701.39	11.73	0.0141
C (A2B1) vs D (A2B2)	743.71	1	743.71	5.13	0.0642
Total	2921.79	3	973.93	6.71	0.0241

Cuadro 18. Coeficientes de los contrastes

Tratamientos	Ct.1	Ct.2	Ct.3
A (A1B1)	3.00	0.00	0.00
B (A1B2)	-1.00	2.00	0.00
C (A2B1)	-1.00	-1.00	1.00
D (A2B2)	-1.00	-1.00	-1.00

Los resultados expresan diferencias estadística significativa ($p=0.0141$) en el contraste 2, es decir, el tratamiento B (A1B2) vs los tratamientos C (A2B1) y D (A2B2) difieren. Los demás, contrastes exponen igualdad entre tratamientos ($p=0.1198$ y $p=0.0642$) (Cuadro 17).

5.3.1.3.2 Prueba de rangos múltiples de Duncan, Tukey y LSD Fisher

Cuadro 19. Prueba de Duncan Alfa = 0.05

Error: 145.0608 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	
D (A2B2)	77.63	3	A
A (A1B1)	71.33	3	A
C (A2B1)	55.37	3	A B
B (A1B2)	37.33	3	B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

De acuerdo a Duncan, el tratamiento B (A1B2) diferente de los tratamientos D (A2B2), A (A1B1) y C (A2B1). La prueba recomienda los tratamientos D (A2B2) y A (A1B1) por presentar los mejores promedios (77.63 y 71.33).

Cuadro 20. Prueba de Tukey Alfa = 0.05 DMS = 34.04520

Error: 145.0608 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	
D (A2B2)	77.63	3	A
A (A1B1)	71.33	3	A B
C (A2B1)	55.37	3	A B
B (A1B2)	37.33	3	B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

Para Tukey, el tratamiento D (A2B2) difiere del tratamiento B (A1B2). Igual a Duncan se recomiendan los tratamientos D (A2B2) y A (A1B1).

Cuadro 21. Prueba de LSD Fisher Alfa = 0.05 DMS = 24.06288

Error: 145.0608 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	
D (A2B2)	77.63	3	A
A (A1B1)	71.33	3	A
C (A2B1)	55.37	3	A B
B (A1B2)	37.33	3	B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

En la prueba LSD Fisher, el tratamiento B (A1B2) difiere estadísticamente del resto de tratamientos. De la misma manera, que las pruebas de Duncan y Tukey se recomiendan los tratamientos D (A2B2) y A (A1B1).

Sobre la base de las tres comparaciones múltiples efectuadas (Duncan, Tukey y LSD Fisher) se puede recomendar los tratamientos D (A2B2) y A (A1B1), ya que presentan los mayores promedios entre tratamientos; no obstante, estos resultados pueden ser refutados con los supuestos del ANAVA, debido a que la comparación de la varianza es sensible a las propiedades estadísticas de los términos del error aleatorio en el modelo lineal establecido. Para que las pruebas efectuadas sean consideradas válidas a un nivel de confiabilidad de 95% se procedió a la verificación de los supuestos del ANAVA.

5.3.1.4 Verificación de los supuestos del ANAVA

Los supuestos tradicionales de ANAVA implican errores independientes, normalmente distribuidos y con varianzas homogéneas para todas las observaciones. Para los diseños con estructuras de parcelas en bloques como el caso del presente estudio se supone que existe aditividad (bloque-tratamiento), es decir, los bloques tienen un efecto aditivo sobre todos los tratamientos y no interactúan con estos. En caso de que exista evidencia grave del no cumplimiento de los supuestos, el modelo y las recomendaciones del análisis de la varianza en las comparaciones múltiples de Duncan, Tukey y LSD Fisher, podría ser no concluyente. A continuación la verificación de los supuestos del ANAVA.

5.3.1.4.1 Supuesto de independencia de las unidades experimentales de los errores

El supuesto no se prueba se garantizó al establecer el diseño experimental por medio de la aleatorización al momento de seleccionar las unidades muestrales; es decir, el supuesto de independencia se garantiza con el diseño experimental DBCA.

5.3.1.4.2 Efecto aditivos de los factores ambientales (supuesto de aditividad bloque-tratamiento de los efectos involucrados en el modelo)

El supuesto se presumió, ya que el efecto del tratamiento a aumentado o disminuido la variable rendimiento.

5.3.1.4.3 Normalidad de los residuos en las variables aleatorias

Hipótesis del supuesto de normalidad:

Ho: $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \alpha^2)$ (los residuos tienen distribución normal)

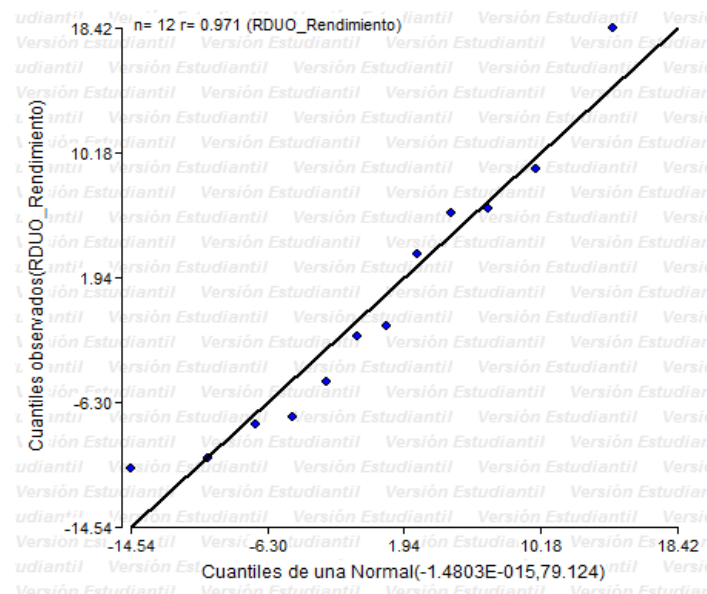
H1: $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \alpha^2)$ (los residuos no tienen distribución normal)

Se examinó con el estadístico Shapiro-Wilks (Cuadro 22) a continuación:

Cuadro 22. Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p (una cola)
RDUO_Rendimiento	12	0.00	8.90	0.92	0.4350

Las hipótesis sometidas a prueba da como resultado; el no rechazo de la Ho: para este caso no hay evidencias para rechazar el supuesto de distribución normal ($p=0.4350$), lo que significa que los datos presenta una distribución normal $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \alpha^2)$. A continuación se representa la distribución normal de los datos a través de los residuos del error en la variable rendimiento versus los cuantiles teóricos de la distribución normal (Gráfico 14).



Grafica 14. Q-Q plot de la distribución normal a partir de un modelo con errores normales

Mediante esta técnica se constituye el diagrama de distribución normal de los residuos del error, es decir, la alineación de los datos (puntos) sobre una recta de 45°, en donde se dice, que no hay deterioros en el modelo lineal establecido, porque hay una alta asociación entre la variable teórica (recta) versus la variable rendimiento (puntos) (Gráfico 14).

5.3.1.4.4 Igualdad de varianza (supuesto de homocedasticidad)

Hipótesis de la varianza para el supuesto de homocedasticidad:

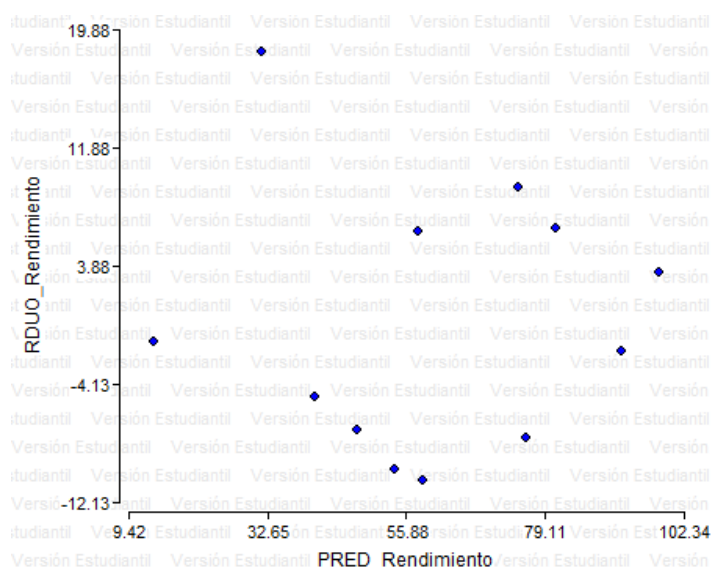
$$H_0: \alpha_a^2 = \alpha_b^2 = \alpha_c^2$$

H1: al menos un par de varianzas difieren

Cuadro 23. Análisis de igualdad varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	110.43	3	36.81	2.39	0.1442
Tratamientos	110.43	3	36.81	2.39	0.1442
Error	123.13	8	15.39		
Total	233.56	11			

La prueba de la varianza expone (Cuadro 23), el no rechazo de la H_0 : por lo tanto, existe igualdad de varianzas ($p=0.1442$). Por medio del diagrama de dispersión se representa el supuesto de homocedasticidad (Gráfico 15).



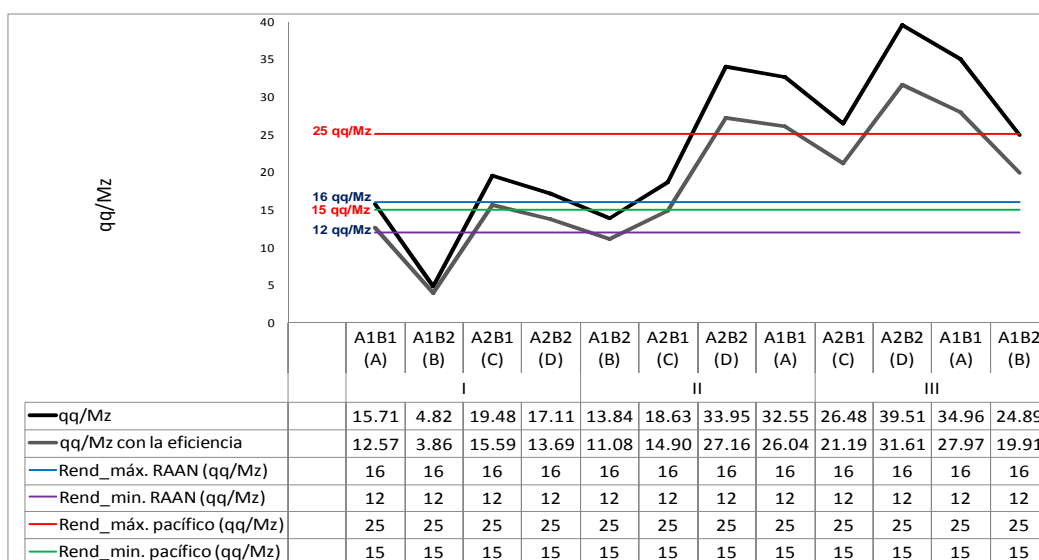
Grafica 15. Ilustración del supuesto de homogeneidad de varianzas

El Gráfico 15, resalta la falta de un patrón en la distribución de los puntos (nube de puntos), típica representación de varianzas homogéneas o de homocedasticidad de varianzas.

5.3.1.5 Implicancia de la evaluación de la variable rendimiento a través del análisis ANAVA, en el DBCA

En base a la prueba de hipótesis de bloques, de tratamientos e hipótesis de contrastes ortogonales entre tratamientos, así como, los resultados obtenidos en el análisis de la varianza, resultados de las comparaciones múltiples de Duncan, Tukey y LSD Fisher y, el cumplimiento de los supuestos del ANAVA; podemos afirmar con un nivel de confiabilidad del 95%, que las medias de las variables entre tratamientos (objeto de estudio) difieren estadísticamente entre sí ($p=0.0001$), y que los mejores rendimientos se presentaron en los tratamientos D (A2B2) y A (A1B1) con promedios de 77.63 y 71.33; por lo tanto se recomienda la variedad H-46 sembrada al voleo y la variedad DOR-364 sembrada al espeque.

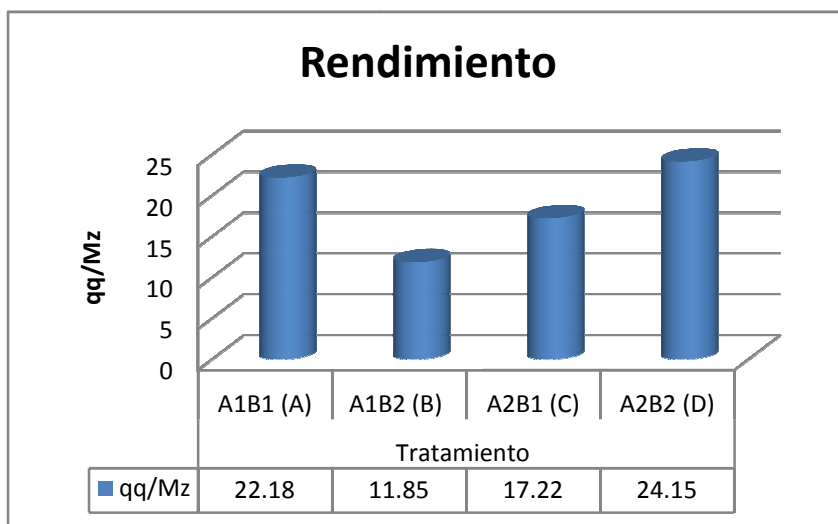
A continuación se ilustra los rendimientos obtenidos por bloques y tratamientos; las cuales son comprobadas con los rendimientos máximos y mínimos del pacífico de Nicaragua y de la RAAN (Gráfico 16).



Gráfica 16. Rendimiento obtenido por cada tratamiento en cada bloque. Los rendimientos obtenidos fueron estimados según metodología del INTA publicado para el año 2004.

De acuerdo a la grafica 16 los rendimientos estimados por el INTA y en base a los cálculos matemáticos realizados por bloques y tratamientos, manifiestan que los rendimientos del tratamiento C del bloque I estima rendimientos máximos de la RAAN con 15.59 qq/mz, en caso del bloque II el tratamiento D estima rendimientos máximos del Pacífico con 27.16 qq/mz, al igual en el bloque III con 31.61 qq/mz.

A continuación se muestran los rendimientos obtenidos por tratamiento, agrupados por bloques:



Gráfica 17. Rendimiento obtenido qq/Mz por tratamiento

De acuerdo a la grafica 17, los rendimientos obtenido prevalecen a los tratamientos A (A1B1) y D (A2B2), con los mayores rendimientos con 22.18 y 24.15 qq/Mz que están estimadas por los rendimientos máximos del pacífico y mayores de la RAAN.

6 CONCLUSIONES

1. Las semillas de las variedades mejoradas H-46 y DOR-364 utilizadas en el experimento manifestaron una alta viabilidad germinativa (94 y 98%).
2. En la etapa vegetativa: emergencia (13 DDS) y crecimiento (20 y 27 DDS), se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos en las variables altura (cm) y diámetro (cm), no así en la variable No. hojas/plantas. En la variable altura sobresalió la variedad H-46 sembrado al voleo con promedio de 240.20, y en la variable diamétrica (mm) la variedad DOR-364 sembrado al esquepe y al voleo con 207.66 y 178.08 de promedio.
3. En la etapa reproductiva las variables No. vainas/plantas y No. granos/vainas/plantas presentaron diferencias estadísticas entre tratamiento, contrario a las variables No. flores/plantas y long. vainas/plantas que no mostraron diferencias. En la variable No. vainas/plantas sobresalen las variedades DOR-364 sembrado al esquepe y la variedad H-46 sembrado al esquepe y al voleo con promedios de 296.07, 304.97 y 307.53, y en la variable No. granos/vainas/plantas las variedades DOR-364 sembrado al esquepe y la variedad H-46 sembrado al voleo con promedios de 70 y 70.62.
4. De acuerdo al análisis de varianza del modelo lineal matemático establecido para la variable rendimiento se concluye con un 95% de confiabilidad que el modelo de bloque fue eficiente ($p = 0.0058$), y que hubo efecto de tratamientos ($p=0.0058$).
5. Los contrastes ortogonales entre tratamiento revelaron:
 - a) Contraste 1. El no rechazo de la H_0 ($p=0.1198$), por lo tanto, el tratamiento A (A1B1) versus los tratamientos B (A1B2), C (A2B1) y D (A2B2) son estadísticamente iguales.

- b) Contraste 2. El rechazo de la H_0 ($p=0.0141$), por lo tanto, el tratamiento B (A1B2) difiere de los tratamientos C (A2B1) y D (A2B2).
 - c) Contraste 3. El no rechazo de la H_0 ($p=0.0642$), por lo tanto, el tratamiento C (A2B1) y D (A2B2) son estadísticamente iguales.
6. El análisis de ANAVA, con una confiabilidad del 95% concluye que las medias de la variable rendimiento entre tratamientos difieren estadísticamente ($p=0.0001$), recomendando los tratamientos variedad H-46 sembrada al voleo y la variedad DOR-364 sembrada al espeque, ya que presentaron los mayores rendimientos (77.63 - 71.33), y no existen diferencias estadísticas entre ellas.
7. De acuerdo a los cálculos de matemáticos realizados del variable rendimiento prevalecen la variedad H-46 sembrada al voleo y la variedad DOR-364 sembrada al espeque con 22.18 y 24.15 qq/Mz.

7 RECOMENDACIONES

1. Considerar las labores agrícolas del cultivo de frijol referidas en el presente estudio, en todos los programas y proyectos que vayan a efectuarse en la zona del Río Coco, municipio de Waspam, RAAN.
2. Promover a pequeña escala la siembra al voleo de la variedad H-46 en las comunidades indígenas y mestizas de la RAAN, ya que el método mejora sustancialmente la estructura física y biológica del suelo a través de la reincorporación de la vegetación muerta (Mulch), ayuda a mantener la humedad y protege al suelo de la erosión provocada por la lluvia; asimismo, no se requiere de mucha mano de obra para su ejecución.
3. Recomendar la variedad DOR-364, bajo el método de siembra al espeque en zonas planas (2% de pendiente) e inclinadas (> 15% de pendiente), y a productores que cultivan áreas mayores a ½ Mz.
4. Realizar un estudio de fertilidad de suelo (macro y micronutrientes) en las áreas agrícolas de la finca “Snaki”, con el propósito de tener un mejor control en los ensayos experimentales.
5. Continuar los estudios experimentales con nuevas variedades de frijol y bajo nuevos sistemas de siembra, esto, con la finalidad de ir ajustando, direccionando y mejorando las labores agrícolas y por ende el rendimiento en las zonas frijoleras de la RAAN.
6. Que para mejorar los resultados se debe aumentar las unidades experimentales así ver el efecto de interacción.

8 BIBLIOGRAFÍA

- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1984. Etapa de desarrollo de la planta de frijol común. Disponible en: <http://www.books.google.com.ni/books?id=A2SJrDr0kqIC...>
- Fernández, E.; Brooks, M. 2008. Estudio biofísico de la finca “Snaki” de la universidad URACCAN, comunidad de Moss, municipio de Waspam Río Coco, RAAN. Monografía Ing. URACCAN. 20-40 p.
- García, J. 1996. Fenología de cuatro variedades de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.), sembradas en dos localidades y dos fechas del período septiembre - enero (Longitud del día decreciente). Tesis de grado. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Instituto de Agronomía. 56 p.
- IICA-RED SICTA-COSUDE. 2010. Guía práctica para la producción de frijol con calidad en el municipio de Ipala y la región del departamento de Chiquimula, Guatemala, 9 p.
- INETER, 2010. Departamento estadística de meteorología. Disponible en: <http://www.ineter.gob.ni>
- InfoStat, versión. 2010. Manual de usuario. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. 1 ed. Editorial Brujas Argentina. 318 p.
- INTA. 2004. Grupo de trabajos en legumbres y cultivos extensivos. Ing. Arg. Susana Garcia Medina. 9 p.
- INTA.1996. Guía Técnica de Granos Básicos
- Mairena, Z.; Potecto, J. 2004. Evaluación del comportamiento de cuatro variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), bajo cuatro dosis de fertilizante fosfórico en la comunidad indígena de Bum Sirpi, RAAN, Nicaragua. Tesis Ing. BICU-CIUM. 83 p.

- Mendiburu, F 2007. Diseños experimentales. Disponible en: <http://tarwi.lamolina.edu.pe/~fmendiburu>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. 1991. Aspectos técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos agrícolas de Costa Rica. Dirección general de investigación y extensión agrícola, San José, Costa Rica. Disponible en: http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec_frijol.pdf
- OPS/OMS-DANIDA, 2004. Cultivando frijol con menos riesgos, p 1-39. Disponible en: http://www.inta.gob.ni/guias/frijol_mip.pdf
- Padilla, M.; Antonio, D. 2003. Percepción de los pueblos Miskitus de Waspam Río Coco sobre la introducción de seis variedades mejoradas de frijol (*Phaseolus vulgaris*). Monografía Ing. RAAN, Nicaragua, URACCAN. 39 p.
- Sampieri, H; Collado, F; Lucio, B, (1997). Metodología de la investigación. Cuarta edición. MacGraw Hill, Interamericana. México. 128 p.
- Santella, M.; Madriz, P.; Moratinos, H.; Albarracin, M. 2001. Evaluación del rendimiento de siete genotipos de frijol mungo (*Vigna radiata* L.) Wilczek como leguminosa de granífera en Maracay, Estado Aragua. Rev. Fac. Agron. (Maracay). 27:67-75.
- Tapia Barquero, H; Camacho Henriquez. A. 1988. Manejo Integrado de la Producción de Frijol basado en labranza cero. Managua.Nicaragua.181p.
- URACCAN, 2009. Estudio de Suelo: finca experimental SNAKI/URACCAN. Jornada científica estudiantil. RAAN. 15 p.
- White, J. W. 1985. Conceptos básicos de Fisiología del frijol. Ing. López, M.I. Fernández., Avan Schoonhoven (ed). Frijol: Investigación y Producción. CIAT. Cali. Colombia, p. 43.60.

ANEXOS

Anexo 1. Hoja de campo para la etapa vegetativa: emergencia y crecimiento

Título del experimento: _____ Fecha: _____

Días después de siembra: _____ Días después de emergencia: _____

Bloques	Tratamientos	Altura de planta (cm)											Diámetro de la planta (mm)											No. hojas/planta										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	X
I	A (A1B1)																																	
	B (A1B2)																																	
	C (A2B1)																																	
	D (A2B2)																																	
II	A (A1B1)																																	
	B (A1B2)																																	
	C (A2B1)																																	
	D (A2B2)																																	
III	A (A1B1)																																	
	B (A1B2)																																	
	C (A2B1)																																	
	D (A2B2)																																	

Observaciones: _____

Anexo 2. Hoja de campo para las variables No. flores/plantas y No. vainas/plantas

Título del experimento: _____ Fecha: _____

Días después de siembra: _____ Días después de emergencia: _____

Bloques	Tratamientos	No. flores/plantas												No. vainas/plantas											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	X		
I	A (A1B1)																								
	B (A1B2)																								
	C (A2B1)																								
	D (A2B2)																								
II	A (A1B1)																								
	B (A1B2)																								
	C (A2B1)																								
	D (A2B2)																								
III	A (A1B1)																								
	B (A1B2)																								
	C (A2B1)																								
	D (A2B2)																								

Observaciones: _____

Anexo 3. Hoja de campo para las variables long. vainas/plantas y No. granos/vainas/plantas

Título del experimento: _____ Fecha: _____

Días después de siembra: _____ Días después de emergencia: _____

Bloques	Tratamientos	Long. vainas/plantas (cm)												No. granos/vainas/plantas											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	X		
I	A (A1B1)																								
	B (A1B2)																								
	C (A2B1)																								
	D (A2B2)																								
II	A (A1B1)																								
	B (A1B2)																								
	C (A2B1)																								
	D (A2B2)																								
III	A (A1B1)																								
	B (A1B2)																								
	C (A2B1)																								
	D (A2B2)																								

Observaciones: _____

Anexo 4. Variable rendimiento en la cosecha de fríjol

Bloques	Tratamientos	Peso de 100 semilla	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	% Humedad	No. de plantas/P.U	Peso del grano de fríjol (g/P.U)
I	A1B1	47	6.1	5.9	14	95	40.4
	A1B2	4	0.2	0.2	14	108	12.4
	A2B1	50	5.8	5.6	14	117	50.1
	A2B2	43	5.7	5.6	14	152	44
II	A1B2	38	5.2	4.9	14	141	35.6
	A2B1	55	9	8.7	14	108	47.9
	A2B2	61	10	9.1	14	153	87.3
	A1B1	37	5,1	4.8	14	145	83.7
III	A2B1	74	10.6	10.2	14	112	68.1
	A2B2	51	7.5	6.7	14	152	101.6
	A1B1	57	7.8	7.1	14	142	89.9
	A1B2	48 ***	6.3 ***	5.9***	14 ***	127 ***	64 ***

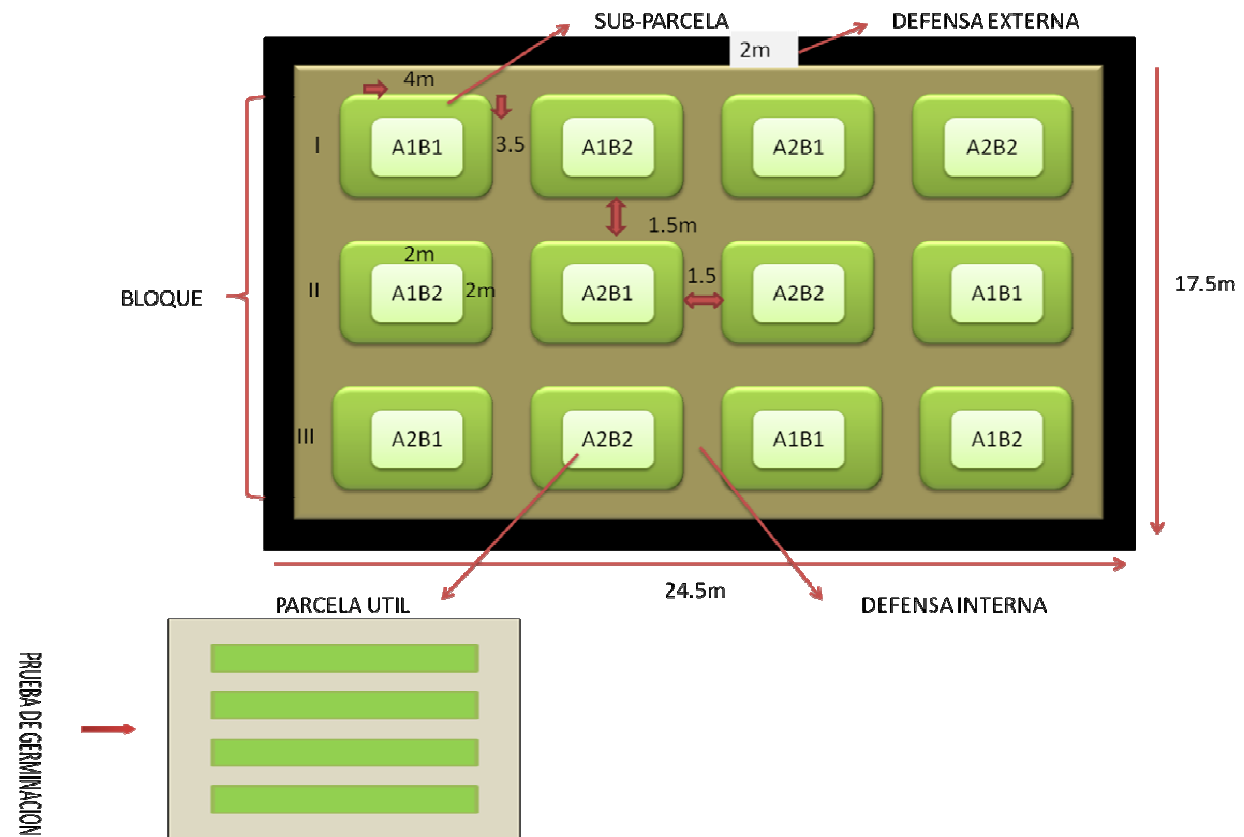
P.U: PARCELA ÚTIL ***: UN SOLO DATO

Anexo (4a). Rendimiento obtenido por bloques, tratamientos y repeticiones (g/P.U)

Bloques	Tratamientos			
	A1B1	A1B2	A2B1	A2B2
I	40.4	12.4	50.1	44
II	83.7	35.6	47.9	87.3
III	89.9	64	68.1	101.6

Anexo 6. Diseño experimental (DBCA)

- a) Área de la P.E = $4 \times 3.5 \text{ m} = 14 \text{ m}^2$; b) Área de la P.U = $2 \times 2 \text{ m} = 4 \text{ m}^2$; c) Defensa externa = 2 m; d) Defensa interna: 1.5 m y e) Área total del experimento = $17.5 \text{ m} \times 24.5 \text{ m} = 428.75 \text{ m}^2$



Anexo 7. Fotos representativas del área experimental



Foto 1. Área seleccionada para el montaje del ensayo experimental
Fuente: no publicado, 2010



Foto 2. Medición, limpieza y cercado del área experimental
Fuente: no publicado 2010



Foto 3. Eliminación de tocones (troncos), rastrojos y vegetación arbustiva y, preparación del suelo
Fuente: no publicado, 2010



Foto 4. Rotulación de bloques y preparación de tratamientos del experimento
Fuente: no publicado, 2010



Foto 5. Vista panorámica de la rotulación de bloques y desinfección natural (4 días soleado)
Fuente: no publicado, 2010



Foto 6. Germinación (V0) de las variedades DOR-364 y H-46I
Fuente: no publicado, 2010



Foto 7. Prueba de germinación de las variedades a los 10 DDS (V1)
Fuente: no publicado, 2010



*Foto 8. Método de siembra al espeque: 27 DDS
Fuente: no publicado, 2010*



*Foto 9. Método de siembra al voleo: 27 DDS
Fuente: no publicado, 2010*



Foto 10. Vista panorámica del cultivo de frijol a los 48 DDS
Fuente: no publicado, 2010



*Foto 11. Desarrollo de la madurez fisiológico de las vainas, ocho semanas DDS
Fuente: no publicado, 2010*



Foto 12. Secado de vainas de la etapa cosecha, diez semanas DDS y cosecha del grano
Fuente: no publicado, 2010

Anexo 8. Análisis estadísticos

Anexo 8a. Hipótesis de contrastes ortogonales del DBCA

Cuadro 1. Contrastes ortogonales para el experimento completo

Contrastes	A (A1B1)	B (A1B2)	C (A2B1)	D (A2B2)
1	3	-1	-1	-1
2	0	2	-1	-1
3	0	0	1	-1

Cuadro 2. Hipótesis de los contrastes ortogonales para el experimento completo

Hipótesis / Contrastes	A (A1B1)	B (A1B2)	C (A2B1)	D (A2B2)
$\mu_{A1B1} = \mu_B (A1B2) + \mu_C (A2B1) + \mu_D (A2B2)/3$ Contraste 1	3	-1	-1	-1
$\mu_{A1B2} = (\mu_{A2B1} + \mu_{A2B2})/2$ Contraste 2	0	2	-1	-1
$\mu_{A2B1} = \mu_{A2B2}$ Contraste 3	0	0	1	-1

Anexo 8b. Prueba de Shapiro-Wilks (modificado)

Cuadro 3. Shapiro-Wilks (modificado) para las variables de la etapa vegetativa

Variables	n	Media	D.E.	W*	p (una cola)
Altura	360	16.02	4.50	0.96	<0.0001
Diámetro	360	2.71	0.95	0.63	<0.0001
No. hojas/plantas	360	6.67	3.86	0.86	<0.0001

Las hipótesis de la prueba son:

Ho: las observaciones tienen distribución normal

H1: las observaciones no tienen distribución normal

En el caso de las variables de la etapa vegetativa hay evidencias para rechazar el supuesto de distribución normal ($p < 0.0001$).

Cuadro 4. Shapiro-Wilks (modificado) para las variables de la etapa reproductiva

Variable	n	Media	D.E.	W*	p (una cola)
No. flores/plantas	517	0.70	1.23	0.63	<0.0001
No. vainas/plantas	580	1.21	1.45	0.80	<0.0001
Long. vainas/plantas	100	7.97	1.22	0.98	0.5287
No. granos/vainas/pl	120	3.20	1.14	0.91	<0.0001

Las hipótesis de la prueba son:

Ho: las observaciones tienen distribución normal

H1: las observaciones no tienen distribución normal

En el caso de las variables de la etapa vegetativa hay evidencias para rechazar el supuesto de distribución normal ($p < 0.0001$), a excepción de la variable long. vainas/plantas que presenta una distribución normal.

Anexo 8c. Estadística descriptiva de la etapa vegetativa y reproductiva

Cuadro 5. Estadística descriptiva para las variables de la etapa vegetativa

Tratamientos	Variables	n	Media	D.E.	Var (n-1)	Var(n)	E.E.	CV	Mín	Máx	Mediana	Q1	Q3	Suma	Suma Cuad.	SCC	P(05)	P(10)	P(25)	P(50)	P(75)	P(90)	P(95)	MAD
A	Altura	90	13.68	5.58	31.19	30.84	0.59	40.83	0	22	14.7	9.7	18	1230.90	19610.19	2775.58	2.5	3	9.7	14.4	18	19.7	20.8	4.05
	Diámetro	90	3.14	1.59	2.51	2.49	0.17	50.53	0	8	3	2	3	282.40	1109.84	223.73	2	2	2	3	3	5	8	0.5
	No. hojas/plantas	90	7.47	4.98	24.79	24.51	0.52	66.69	0	19	8	2	11	671.90	7222.37	2206.26	2	2	2	8	11	15.8	17.8	3
B	Altura	90	16.76	3.80	14.42	14.26	0.40	22.65	9.7	25	17.2	13	20	1508.80	26577.70	1283.51	11.3	11.7	13	17.1	20	21.9	23	2.85
	Diámetro	90	2.61	0.51	0.26	0.25	0.05	19.46	1.5	4	3	2	3	234.80	635.50	22.93	2	2	2	3	3	3	3	0.2
	No. hojas/plantas	90	6.17	3.30	10.86	10.74	0.35	53.44	2	14	8	2	8	555.00	4389.00	966.50	2	2	2	8	8	11	11	3
C	Altura	90	15.09	3.56	12.69	12.55	0.38	23.62	8.6	25	15	11.7	17.5	1357.70	21611.45	1129.79	9.8	10.5	11.7	15	17.5	19.8	20.4	3

	Diámetro	90	2.53	0.53	0.29	0.28	0.06	21.08	1.5	4	2.5	2	3	228.10	603.51	25.40	2	2	2	2.5	3	3	3.1	0.5
	No. hojas/plantas	90	6.37	3.32	11.04	10.92	0.35	52.20	2	11	8	2	8	573.00	4631.00	982.90	2	2	2	8	8	11	11	3
D	Altura	90	18.54	3.17	10.05	9.94	0.33	17.10	11.5	25	18.85	16	21	1668.60	31830.10	894.26	13.6	14	16	18.8	21	22.5	23.5	2.5
	Diámetro	90	2.57	0.56	0.31	0.31	0.06	21.75	1.5	4	2.5	2	3	231.60	623.86	27.88	2	2	2	2.5	3	3	3.4	0.5
	No. hojas/plantas	90	6.67	3.51	12.34	12.20	0.37	52.69	2	13	8	2	9	600.00	5098.00	1098.00	2	2	2	8	9	11	11	3

Cuadro 6. Estadística descriptiva para las variables de la etapa reproductiva

Tratamientos	Variables	n	Media	D.E.	Var (n-1)	Var(n)	E.E.	CV	Mín	Máx	Mediana	Q1	Q3	Suma	Suma Cuad.	SCC	P(05)	P(10)	P(25)	P(50)	P(75)	P(90)	P(95)	MAD
A	No. vainas/plantas	147	1.24	1.41	1.98	1.97	0.12	113.05	0	5	1	0	2	183	517.00	289.18	0	0	0	1	2	3	4	1
	Long. vainas/plantas	27	8.03	1.02	1.05	1.01	0.20	12.75	5.5	9.9	8	7.3	8.9	216.7	1766.45	27.23	6.8	6.8	7.3	8	8.9	9.5	9.8	0.8
	No. flores/plantas	130	0.72	1.23	1.52	1.51	0.11	172.51	0	5	0	0	1	93	263.00	196.47	0	0	0	0	1	3	3	0
	No. granos/vainas/pl	30	3.50	0.97	0.95	0.92	0.18	27.82	2	6	3	3	4	105	395.00	27.50	2	2	3	3	4	5	5	1
B	No. vainas/plantas	138	0.85	1.24	1.53	1.52	0.11	145.96	0	5	0	0	2	117	309.00	209.80	0	0	0	0	2	3	3	0
	Long. vainas/plantas	18	8.23	1.36	1.84	1.74	0.32	16.49	6	10.8	8.35	7.2	9	148.1	1249.83	31.30	6	6.2	7.2	8.3	9	10	10.8	1.1
	No. flores/plantas	128	0.62	1.15	1.32	1.31	0.10	186.49	0	5	0	0	1	79	217.00	168.24	0	0	0	0	1	3	3	0
	No. granos/vainas/pl	30	2.63	1.30	1.69	1.63	0.24	49.35	1	5	2.5	2	4	79	257.00	48.97	1	1	2	2	4	4	5	1
C	No. vainas/plantas	148	1.38	1.54	2.39	2.37	0.13	112.08	0	7	1	0	2	204	632.00	350.81	0	0	0	1	2	4	4	1
	Long. vainas/plantas	28	8.04	1.24	1.54	1.48	0.23	15.43	5	10.4	8.05	7.5	8.5	225.1	1851.17	41.53	5.4	6.6	7.5	7.9	8.5	10	10.2	0.55
	No. flores/plantas	129	0.66	1.14	1.30	1.29	0.10	173.35	0	6	0	0	1	85	223.00	166.99	0	0	0	0	1	2	3	0
	No. granos/vainas/pl	30	3.10	0.99	0.99	0.96	0.18	32.09	1	7	3	3	3	93	317.00	28.70	2	2	3	3	3	4	4	0
D	No. vainas/plantas	147	1.35	1.54	2.37	2.35	0.13	113.65	0	7	1	0	2	199	615.00	345.61	0	0	0	1	2	3	4	1
	Long. vainas/plantas	27	7.67	1.31	1.71	1.65	0.25	17.05	4.7	10.4	7.7	6.9	8.4	207	1631.42	44.42	5.8	6	6.9	7.7	8.4	9.8	9.9	0.7
	No. flores/plantas	130	0.80	1.38	1.90	1.88	0.12	172.20	0	6	0	0	1	104	328.00	244.80	0	0	0	0	1	3	4	0
	No. granos/vainas/pl	30	3.57	1.07	1.15	1.11	0.20	30.07	2	6	3	3	4	107	415.00	33.37	2	2	3	3	4	5	5	1

